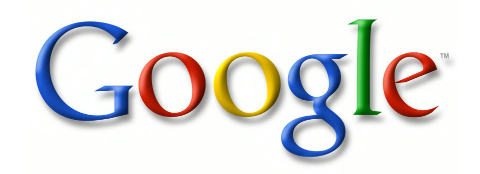
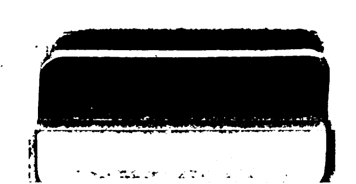

Google



LES

INDUSTRIES DU LAIT

TYPOGRAPHIE FIRMIN-DIDOT ET Cie. — MESNIL (EURE).

BIBLIOTHÈQUE DE L'ENSEIGNEMENT AGRICOLE

PUBLIÉE SOUS LA DIRECTION DE

M. A. MÜNTZ

Professeur à l'Institut National Agronomique

LES

INDUSTRIES DU LAIT

PAR R. LEZÉ

Ingénieur des arts et manufactures
Professeur à l'École Nationale d'agriculture de Grignon



PARIS

LIBRAIRIE DE FIRMIN-DIDOT ET Cie

IMPRIMEURS DE L'INSTITUT

56, RUE JACOB, 56

1891

LES
INDUSTRIES DU LAIT

INTRODUCTION

L'industrie laitière a pris, dans ces vingt dernières années, un développement extraordinaire. Les vieux errements suivis depuis des siècles ont été étudiés et modifiés, suivant les données de la science; les petites laiteries d'autrefois offrant à la vente des produits tantôt bons, tantôt mauvais, suivant le hasard des temps, ont fait place à des usines pourvues d'un matériel mécanique perfectionné et livrant au commerce des marchandises d'excellente qualité et d'une régularité parfaite.

Il y a peu de temps encore, le producteur marchait à l'aveugle dans un monde inconnu, aujourd'hui il est à même de se rendre compte de presque tous les phénomènes qui se passent dans sa fabrication. Tout a progressé en même temps : les admirables découvertes de Pasteur, les beaux et fructueux travaux de M. Duclaux en France, des docteurs Fjord et Storch en Damemark,

les études patientes de Fleischmann et les œuvres de tant d'autres savants que nous ne saurions tous citer, sont venus successivement éclairer les points les plus importants de cette industrie de la laiterie. On a appris à connaître le rôle si important et si multiple de ces petits êtres répandus à profusion dans l'atmosphère et à distinguer ceux qui étaient utiles et ceux qui étaient nuisibles; on a isolé ces petits organismes et, par de curieuses éducations, par des cultures, on est parvenu à les posséder et à les reproduire à volonté.

Il a été possible alors de connaître les conditions favorables à leur développement, et c'est encore notre grand savant Pasteur qui a montré que l'on pouvait disposer d'un terrain vierge pour les cultures, en stérilisant le milieu par la chaleur. Ces petits organismes se développent alors plus sûrement après l'ensemencement, ils sont dans ce terrain pur, seuls à vivre et débarrassés par conséquent des luttes qu'ils auraient eu à soutenir contre les myriades de microbes que l'on rencontre partout.

C'est surtout la fabrication des fromages qui a bénéficié de ces observations; à l'heure actuelle, elle est devenue scientifique, presque certaine dans ses résultats.

Puis les ingénieurs à leur tour ont apporté à l'industrie nouvelle, leur contingent de travail et d'efforts. C'est principalement la fabrication du beurre qui a progressé, grâce aux perfectionnements de l'outillage mécanique. La découverte et l'application de l'écrémage centrifuge ont fait surgir une intéressante industrie redevable de son existence à des savants tels que de Mastaing en France, Lefeldt en Allemagne, de Laval en Suède. Les constructeurs ont travaillé de leur côté, et nous décrirons plus tard avec les éloges qu'elles méritent les machines de Burmeister et Wain en Danemark

et les appareils de nos mécaniciens français Hignette, Pilter, Simon et ses fils, Chapellier, etc.

C'est de toutes ces méthodes nouvelles et de tous ces progrès que nous nous proposons d'écrire l'histoire. Nous avons été à même, dans notre carrière, de voir naître pour ainsi dire l'exploitation industrielle du lait et de ses produits; nous l'avons suivie dans ses développements, nous voudrions prouver par l'étude que nous allons en faire, que cette jeune industrie peut être dans nombre de circonstances une ressource précieuse dans la ferme, soit que la laiterie soit montée dans l'exploitation même soit que le cultivateur s'associe avec des voisins pour installer une usine centrale qui utilisera le lait de chaque ferme ou de chaque participant de la société;

L'industrie laitière a fait la fortune du Danemark. elle a été un véritable bienfait pour la Suède et la Norwège, pour la Hollande; elle commence à amener quelque bien-être dans ces contrées déshéritées de l'Irlande où les pâturages seuls peuvent réussir; et cependant, au-dessus de toutes ces contrées nul pays n'est mieux favorisé que notre belle France pour la réussite de la fabrication des produits du lait.

Notre climat doux et tempéré est constamment chargé de l'humidité que lui apportent les vents chauds de l'Atlantique, notre sol est des plus fertiles, nous possédons d'excellentes races de vaches laitières, nos voies de communication sont nombreuses et faciles et notre position géographique excellente pour la facilité d'exportation des produits. Se peut-il rencontrer un ensemble de conditions plus favorables?

Dans nos landes de Bretagne ou dans les plantureux pâturages de Normandie, dans nos terres riches du Nord et de l'Est aussi bien que dans les montagnes du Centre, l'industrie laitière peut largement s'étendre; elle a

moins que toute autre à redouter la concurrence étrangère, ce spectre américain dont on nous fait peur pour notre blé et peut-être pour notre vin dans l'avenir.

Quoique ces craintes soient chimériques, il n'en est pas moins vrai qu'elles sont assez répandues pour que l'on doive compter avec elles. Avec l'industrie laitière, nulle préoccupation semblable : nous serons longtemps encore exportateurs pour les pays voisins; nous enverrons longtemps encore nos produits si délicats et si renommés vers l'Angleterre, l'Amérique du Sud ou l'Orient; et longtemps encore notre marque fera prime sur les marchés du monde, si nous continuons à suivre cette voie du progrès que nous ont ouverte les Danois et les Suédois.

L'exploitation industrielle du lait donne lieu à des commerces divers.

Le lait peut être consommé en nature, et dans ce cas, l'industrie doit se préoccuper de la meilleure conservation de sa marchandise et des perfectionnements à apporter aux moyens de transport, ou bien il peut servir à fabriquer du beurre ou des fromages.

Ces utilisations diverses nous conduisent à diviser notre ouvrage en trois parties qui traiteront du commerce du lait, du beurre et enfin des fromages. Nous donnerons, à l'occasion des unes ou des autres de ces questions, la description de quelques fabrications secondaires ou accessoires.

Avant tout, il importe de parfaitement bien connaître la matière première mise en œuvre : notre monographie commencera donc par une étude du lait et de ses propriétés. Nous bornerons nos descriptions à l'étude des propriétés du lait de la vache : c'est, à quelques rares exceptions près, le seul qui soit utilisé industriellement; c'est le seul dont nous entendrons parler désormais, à

moins de restrictions spéciales qui seront alors indiquées.

Nous n'avons pas eu l'intention, dans cet ouvrage, de présenter une description encyclopédique de tous les appareils et de tous les procédés imaginés; nous mentionnons en quelques mots seulement les méthodes anciennes et connues. Il nous a paru inutile, par exemple, de décrire les cent formes diverses des vases servant à l'écrémage spontané, de dresser la longue liste de tous les fromages existants : c'était là une affaire de compilation qui ne nous paraissait offrir que l'intérêt ordinaire des collections.

Nous avons considéré plutôt l'esprit de cette industrie nouvelle; nous nous proposons de faire connaître au lecteur la matière première de la fabrication dans les plus grands détails; nous insistons sur les propriétés du lait, sur son analyse, et en décrivons les méthodes et les appareils perfectionnés, en montrant ce que l'on est à même de faire sans vouloir entrer dans la longue énumération de toutes les applications possibles.

Dans ce livre, nous nous sommes efforcé de présenter les grandes lignes de la question que nous étudions laissant au laitier, à l'industriel ou aux chercheurs, le loisir d'en imaginer eux-mêmes les détails. Lorsque, par exemple, le lecteur aura étudié les phénomènes généraux de la maturation des fromages, rien ne lui sera plus facile, en s'inspirant de la théorie présentée, que de comprendre presque toutes les fabrications imaginables et de les diriger même pour peu qu'il ait manipulé déjà pratiquement à la fromagerie ou au laboratoire.

Dans la rédaction de ce travail, nous avons puisé beaucoup de renseignements utiles dans les ouvrages

déjà publiés sur la matière dans les excellents traités généraux de Fleischmann et de notre savant compatriote Pouriau, dans les monographies si intéressantes que M. Duclaux a données sur l'action des organismes microscopiques dans les transformations du lait et de ses produits ; nous avons recueilli de nombreux documents dans les publications des docteurs Fjord et Storch, de Læssig, de Benno Martiny, de Kirchner, de James Long, de Chevron, de Chesnel et de tant d'autres savants, vulgarisateurs ou publicistes.

A chaque occasion et en note, nous donnons l'indication des sources auxquelles nous avons puisé.

PREMIÈRE PARTIE

LE LAIT

CHAPITRE PREMIER

CARACTÈRES ET PROPRIÉTÉS DU LAIT NORMAL NATURE DES ÉLÉMENTS CONSTITUANTS

Le lait de vache, examiné aussitôt après la traite, est un liquide de couleur blanche un peu jaunâtre, d'une odeur rappelant quelquefois l'animal, mais plus généralement si l'étable est tenue proprement, douce et agréable comme l'est la saveur de ce liquide. Il pèse un peu plus que l'eau, 29 à 33 grammes de plus par litre c'est dire que sa densité varie entre 1,029 et 1,033. C'est un liquide neutre au début, mais qui devient assez facilement acide et finit par se cailler, principalement lorsqu'il est contenu dans des vases malpropres ou transporté dans des locaux insalubres.

Abandonné à lui-même, au repos, on voit le lait se diviser en plusieurs matières, d'aspects différents; à la partie supérieure du vase se rassemble une couche de

couleur jaunâtre dont l'épaisseur va en augmentant jusqu'à un certain maximum : c'est la matière grasse qui se sépare ainsi en entraînant du lait interposé et qui, sous cette forme, constitue la crème. Le liquide sous-jacent s'est éclairci ; il est, après la montée de la crème, de couleur un peu verdâtre, c'est le sérum ou le petit lait.

Lorsqu'on chauffe le lait primitif, on le voit, à une température voisine de l'ébullition, se recouvrir d'une pellicule rigide et si tenace, que les bulles de vapeur ne peuvent plus crever à la surface du liquide; elles s'y accumulent en soulevant le voile imperméable qui les recouvre; leur épaisseur augmente toujours et si bien, qu'après quelque temps le liquide déborde au-dessus du vase.

Quelques expériences faciles ou des analyses donnent la raison de ces phénomènes en indiquant la nature des substances qui les produisent.

En agitant la crème obtenue comme nous l'avons dit par une séparation spontanée, on obtient une matière grasse qui est le beurre. Cette matière était précédemment disséminée dans le liquide sous forme de petites sphères d'un diamètre de quelques millièmes de millimètres; un examen microscopique fait apercevoir une infinité de ces globules qui sont en suspension dans le liquide et ne s'en séparent que peu à peu. Ils sont de densité inférieure à celle du liquide ambiant; mais comme leur diamètre est très petit, ils flottent dans le sérum comme les poussières de l'atmosphère flottent dans l'air.

L'ébullition du lait, le caillement démontrent comme l'analyse que le liquide contient une ou plusieurs substances analogues à l'albumine de l'œuf et comme celle-ci se coagulant par la chaleur. Ces matières sont complexes: dans leur composition il entre de l'azote; ce sont des principes quaternaires. Enfin des essais de

laboratoire exécutés sur les produits de l'évaporation ou de la calcination du lait mettent en évidence la présence dans le lait d'un sucre particulier, la lactose, et d'une petite proportion de matières minérales ou de sels parmi lesquels domine le phosphate de chaux.

Ces considérations nous conduisent à cette conclusion que le lait normal est un liquide véritablement précieux, grâce à sa composition si merveilleusement pondérée; c'est un aliment complet et riche : on y trouve de la matière grasse et de la matière azotée, une substance hydrocarbonée et les meilleurs sels à souhaiter pour la richesse de l'alimentation. La quantité de matière azotée est à la quantité totale de matière sèche à peu près dans le rapport de 1 à 3, 5, ce sont des proportions très bonnes et celles que l'on recherche le plus ordinairement dans les rations alimentaires. La composition du lait varie dans de certaines limites avec une foule de circonstances, elle dépend de la race des vaches, de leur âge, de leur nombre de vélages, et du temps écoulé depuis le part, de la nouriture et des conditions où elle est donnée, de la température de l'air ou de l'étable, mais les écarts ne sont cependant pas extrêmement considérables.

Dans le lait normal, la proportion d'eau oscille entre 89 et 83 pour cent; l'extrait sec varie donc entre 11 et 17 pour cent.

La race possède une influence prépondérante sur la proportion de certaines des matières contenues. Certaines races sont plus ou moins laitières et beurrières; c'est surtout de la qualité du lait que nous nous occuperons ici, les questions d'aptitude spéciale de quantités, etc., devant être examinées dans d'autres ouvrages. La proportion de beurre qui est une des plus intéressantes à considérer dans l'industrie est aussi celle

qui subit les plus grands écarts, elle varie presque du simple au double dans les différents sujets.

Certaines races sont très peu beurrières; la hollandaise est un des types les plus connus parmi les variétés qui fournissent les laits les plus pauvres : la teneur en substance grasse n'est guère que de 3 à 3,50 en moyenne alors que l'on trouve un taux pour cent de cinq, six ou plus dans les races bretonnes ou jerseyaises. Les nombreux chiffres connus par les rendements industriels confirment tous les résultats de l'analyse. En Hollande, on ne compte guère sur des rendements industriels de plus de 2,70 à 3% de beurre alors qu'en France, dans nos provinces de l'Ouest, on atteint ou l'on dépasse 5% et même 6%. Il est assez intéressant de constater qu'en Europe du moins les rendements semblent aller en diminuant de l'Ouest à l'Est. Les vaches de Kerry en Irlande, les Limousines, les Bretonnes, les Normandes même fournissent de 4, 4,5 à 5 ou même plus de beurre alors que ces rendements sont rarement atteints dans les meilleures races de Danemark, de Hollande, d'Italie, etc. — Dans tous ces derniers pays on n'arrive qu'exceptionnellement à des chiffres de 4%; on ne compte en Suisse que sur une moyenne de 3,5. Cette curieuse décroissance est restée jusqu'à présent ou inaperçue ou inexpliquée. Il semble qu'elle soit compensée en partie par la proportion de sucre de lait qui va au contraire en augmentant vers l'Orient. La caséine paraît suivre une marche tout autre : les laits de l'ouest de l'Europe sont riches en matière grasse, mais comparativement pauvres en sucre et en caséine, les laits des pays de l'Est sont plus riches en matière caséeuse et plus appropriés à la fabrication des fromages Cependant toutes ces richesses ne sont que proportionnelles; un lait riche en matière grasse est en général assez chargé de matières protéi-

ques et hydrocarbonées, son résidu ou extrait sec est plus considérable, mais le rapport de la caséine au beurre est presque toujours moins élevé que dans les laits à faible extrait.

Il n'existe malheureusement pas beaucoup d'analyses complètes de lait, mais quelques exemples vont démontrer la généralité du principe que nous avançons.

Dans un traité de la fabrication du gruyère paru en 1880, l'auteur, M. Rigaux, donne comme composition moyenne du lait suisse :

Eau.............	87.5	Graisse...........	3.5

Le rapport de la graisse à l'extrait sec est : $\frac{3.5}{12.3}$ ou 0.28.

Dans une autre analyse exécutée par M. Duclaux sur des vaches de la race de Salers nous trouvons : beurre, 3, 22% sur 13,10 d'extrait sec; le rapport est plus faible que le précédent. Dans le lait d'une vache bretonne, le quantum de beurre s'élève à 5,5% sur un résidu de 16, c'est un rapport de 0,34 environ.

Des analyses faites sur le lait d'une même vache mettent encore mieux ce fait en évidence; dans des dosages cités par Fleischmann on trouve :

Lait d'hiver.........	5.17	de beurre sur	14.36	d'extrait.
Lait de printemps..	4.04	—	13.32	—

C'est donc en général le beurre qui subit les plus fortes variations et, comme nous l'avions fait pressentir, un lait pauvre en matière grasse est comparativement plus riche en caséine et en sucre.

Nos laits de France, les laits des races Jersey, Kerry en Angleterre sont des meilleurs à employer pour la fabrication du beurre; les laits des vaches de

l'est des Schwytz, des Angels, etc., sont peut-être préférables pour la fromagerie.

Toutes ces considérations sont à faire entrer en ligne de compte dans l'établissement d'une industrie laitière, mais il ne faudrait pas croire cependant que l'on pourrait à volonté créer, dans une localité donnée, telle ou telle industrie laitière en introduisant des vaches d'aptitude correspondante.

Les animaux ne remplissent convenablement leurs fonctions habituelles que lorsqu'ils vivent dans leur aire géographique, dans leur milieu normal; c'est ainsi que l'on ne pourrait pas dans tous les pays importer sans danger de mécomptes des vaches de Jersey pour établir une fabrication de beurre. Ces petites vaches à ossature délicate et gracieuse sont habituées aux riches pâturages de Jersey et au climat doux et humide des côtes de la Manche. Transportées dans un autre milieu, elles se transforment et leur aptitude beurrière diminue. Les charmantes petites vaches bretonnes se modifient également loin de leur pays, elles grandissent et grossissent et la race se déforme si l'on n'a pas soin de l'entretenir par des renouvellements de sang.

Il faut donc agir avec prudence dans les essais d'acclimatation des animaux et il paraît presque toujours préférable de choisir ses sujets dans la race déjà acclimatée dans le pays et de se livrer alors à l'industrie laitière qui réussit le mieux avec les animaux de la région.

Ces différences une fois connues et établies, nous allons décrire les propriétés générales d'un lait considéré comme type moyen, ces propriétés seront exagérées dans un sens ou dans l'autre suivant la composition du lait particulier que l'on aura à envisager dans la pratique.

Le lait, avons-nous dit, contient de la matière grasse sous forme de petits globules, une ou plusieurs matières azotées, de la lactose et des sels.

Nous allons étudier successivement les propriétés de ces différentes substances constituantes.

La matière grasse. — Lorsque l'on examine du lait au microscope, on le voit constitué par un liquide blanchâtre constellé d'une grande quantité de petites sphères de diamètres inégaux.

Ces petits globules constituent la matière grasse du lait : leur diamètre varie de 1 à 10 millièmes de millimètres ou quelquefois davantage, mais leur grandeur moyenne est de 2 à 3 millièmes de millimètres, 2 à 3 μ.

Un examen plus attentif et avec de forts grossissements montre que ces globules sont entourés d'un fin liseré de couleur plus brillante et formant comme une auréole autour de la petite sphère.

Cette couronne n'est-elle qu'une apparence due à un phénomène de diffraction? représente-t-elle, au contraire, une enveloppe solide d'un globule qui serait alors constitué comme une de ces cellules que l'on rencontre à profusion dans les organismes animaux ou végétaux et qui toutes sont entourées d'une membrane?

Les globules gras du lait seraient constitués comme les cellules des êtres organisés.

Cette question peut présenter un certain intérêt pratique et sa solution aiderait sans doute à établir une théorie du barattage; la formation du beurre par l'agitation est un des phénomènes les plus anciennement connus et cependant des moins expliqués jusqu'à présent.

Il semblerait tout d'abord, d'après ce phénomène du barattage, assez naturel d'admettre l'existence de cette membrane : les globules, en suspension dans le lait,

ne pourraient se souder les uns aux autres : l'agitation en brisant leurs enveloppes permettrait au contraire la réunion en une masse unique.

Mais dans cette hypothèse on s'explique difficilement le rôle de la température dans l'opération du barattage : au-dessous de 10°, la formation du beurre est presque impossible quelque multipliés que soient les chocs; au-dessus de 20° à 25°, le beurre ne se fait plus et l'on n'obtient par l'agitation qu'une masse crémeuse ou pâteuse consistant en graisse émulsionnée avec le liquide.

Si le choc avait eu pour effet de briser des enveloppes, il devrait produire cet effet aussi bien au-dessous de 10°, la chaleur devrait faciliter la rupture des membranes : or une élévation de température rend d'abord le barattage plus rapide, mais l'agglomération des globules devient ensuite de moins en moins nette après ce maximum et cependant, à la température de 25° par exemple, la matière grasse n'est pas encore à l'état de fusion. Si à une température favorable, 15° en moyenne, on comprime de la crème entre deux planches de bois que l'on frotte l'une contre l'autre, si dans le barattage on agite trop rapidement ou que l'on multiplie trop les chocs, on obtient une sorte de beurre, mais presque toujours avec expulsion incomplète du sérum et de la caséine; le beurre formé renferme une trop forte proportion d'eau pour être de qualité marchande.

Tous ces phénomènes semblent se rapporter bien plutôt à l'état de la matière grasse qu'à l'existence d'une enveloppe d'une cellule. Il faut observer en outre que la matière grasse est loin de présenter une composition chimique qui la rapprocherait de celle des cellules connues. Dans tous les corps organisés, il y

a de l'azote; c'est à peine si ce corps est signalé dans les analyses des beurres. Sa proportion variable se rapporte probablement à la proportion de caséine mécaniquement interposée et l'on peut presque admettre que le beurre pur n'en contiendrait pas.

Les cellules organisées ont, dans les conditions ordinaires des dimensions si peu différentes entre elles, qu'elles peuvent être regardées comme constantes; les globules de beurre ont des diamètres variables, de 1 à 10 μ. ou plus; jamais les cellules naturelles ne présentent ces irrégularités.

L'action de certaines substances chimiques semble cependant venir à l'appui de la doctrine de l'enveloppe : le lait agité avec de l'éther n'abandonne pas sa matière grasse au dissolvant, tandis qu'il la lui cède si l'on a préalablement ajouté quelques gouttes d'une solution de soude caustique.

On peut supposer alors que la soude a dissous les enveloppes des globules et permis par cela même le contact de la matière grasse avec son dissolvant; mais en examinant les choses de plus près on voit, comme l'a très bien remarqué M. Duclaux auquel sont dues la plupart de ces ingénieuses observations, qu'il n'est pas nécessaire de supposer une enveloppe pour expliquer la nulle action de l'éther. Cette substance a la propriété de précipiter le caséum, et l'éther se trouve après l'agitation englobé dans le précipité sous forme de fines gouttelettes qui sont dès lors immobilisées. L'éther n'est donc plus en contact avec la matière grasse, il ne peut plus agir sur elle, et il est si énergiquement retenu par le coagulum, qu'il ne s'en sépare plus que très lentement : en remontant à la surface, il se rassemble, et l'on constate alors qu'il a dissous de la matière grasse. La soude a pour action de rendre la ca-

séine plus soluble et d'empêcher la précipitation par l'éther; celui-ci se trouve alors immédiatement en contact avec la matière grasse, et la dissolution s'opère.

L'alcool et l'acide borique produisent, du reste, le même effet que la soude, et cependant il est difficile d'admettre qu'ils jouent le rôle de dissolvant de l'enveloppe; il est plus naturel de penser qu'ils ont empêché la précipitation du caséum par l'éther, que celui ci n'est plus émulsionné et que son pouvoir dissolvant s'exerce alors en toute liberté.

Il est plus que probable donc que ces enveloppes des globules n'existent pas et que la matière grasse est simplement émulsionnée dans le liquide. L'émulsion subsiste longtemps; elle est assez stable, parce qu'elle se trouve faite au sein d'un liquide visqueux ou membraneux pour ainsi dire, et retenant les globules de matière grasse comme une éponge retient de l'eau; ces globules sont en quelque sorte enfermés dans le réseau de la caséine insoluble, ils se frayent lentement leur route au milieu de tous les obstacles qu'ils rencontrent, et c'est pourquoi leur montée demande du temps.

La force ascensionnelle des gros globules est plus grande que celle des petits. Ceux-ci s'attardent en chemin dans leur impuissance à pouvoir briser ou écarter les mailles qui les retiennent. Il s'agit là de phénomènes matériels, physiques. Les globules graisseux sont soumis à une tension superficielle, provenant de l'action des forces capillaires; c'est là la cause de leur forme sphérique, forme que l'on observe dans tous les liquides lorsque l'on peut supposer que la pesanteur n'intervient pas. C'est ainsi que des gouttelettes de mercure se forment en petites sphères lorsque le métal est projeté sur un plan horizontal; les goutelettes d'eau dans les brouillards sont également sphériques

ainsi que le prouve le phénomène de l'arc-en-ciel. Cette tension superficielle empêche les globules de se réunir et de se souder, et ce n'est qu'en les mettant brusquement en contact forcé par des chocs que l'on peut parvenir à les agglomérer.

A froid, les globules de beurre deviennent durs et résistants, le barattage est de plus en plus difficile. deux molécules choquées ne se réunissant pas nécessairement, tandis qu'elles se soudent très vite si la matière est pâteuse; une trop grande fluidité est nuisible, l'agitation peut détruire le travail qu'elle avait édifié, et l'on ne parvient en somme qu'à fabriquer une bouillie, un mélange intime de matière grasse et d'eau caséeuse.

Si cette explication parfaitement plausible est vraie, on voit qu'il n'est en aucune façon nécessaire de supposer des enveloppes aux globules; mais, bien plus, on arrive par une synthèse à rendre cette existence de la membrane encore plus improbable. On peut préparer artificiellement des émulsions qui ressemblent tout à fait à du lait et dans lesquelles la matière grasse est à l'état de globules sphériques : il suffit de mettre une graisse ou une huile en contact avec un liquide aqueux dont on a augmenté, par l'addition de certaines substances, la tension superficielle, tension qui devient alors voisine de celle des corps gras.

Les émulsions préparées au centrifuge, eau et huile, lait et margarine, etc., se montrent au microscope constituées exactement comme le lait.

L'eau additionnée de savon, de bois de Panama, de saponine, donne très facilement des émulsions avec l'huile (1).

(1) L'eau ainsi chargée devient mousseuse; dans le jeu enfantin des

On commence par préparer une eau de savon à 2 ou 3%, on filtre après agitation et contact prolongé, puis on verse une couche d'huile sur l'eau contenue dans une éprouvette, on agite quelques secondes; le liquide blanchit et ne forme plus qu'un ensemble homogène; le microscope montre que la couleur blanche est due à la présence d'une infinité de très petits globules sphériques de matière grasse. Ces petites sphères sont de diamètres inégaux, et l'aspect de cette émulsion artificielle rappelle à s'y méprendre celui du lait.

Comme le lait, cette émulsion se dissocie avec le temps, les globules montent peu à peu à la surface et l'émulsion donne une crème semblable à celle que fournit le lait.

Il est facile de prouver encore autrement que c'est bien le savon qui a déterminé cette émulsion, car on peut produire une saponification partielle directement en versant quelques gouttes d'une dissolution de potasse caustique dans de l'huile au-dessus d'une couche d'eau.

Le savon formé se dissout dans cette eau par l'agitation, et l'émulsion ne tarde pas à se faire comme dans la manipulation précédente.

Ainsi, en résumé, nous en arrivons à rejeter comme peu probable l'hypothèse de l'enveloppe des globules de matière grasse et à admettre que ces petites sphères restent simplement suspendues dans le liquide, parce que leur force ascensionnelle est extrêmement faible, peut-être un dix millième de milligramme, d'après M. Duclaux, et que d'autre part la tension superficielle s'oppose à la réunion des globules.

bulles de savon, on a la preuve palpable de l'existence d'une tension superficielle considérable en voyant se former ces sphères légères dont l'enveloppe est si mince que ces corps s'envolent au gré du vent.

Mais alors on peut se demander à quel état se trouve la matière grasse : elle est liquide à la température du corps des animaux; se solidifie-t-elle par le refroidissement ou reste-t-elle à l'état de surfusion lorsque la température s'abaisse?

Si cette surfusion était prouvée, la question du barattage se trouverait singulièrement éclaircie. Les corps à l'état de surfusion se solidifiant par l'agitation, le barattage aurait précisément pour effet de ramener le beurre à l'état solide, et de permettre alors aux globules de se réunir peu à peu en petits grains qui grossissent lorsque l'agitation se prolonge.

Cette opinion ne nous semble pas devoir être irrévocablement admise : si elle était vraie, on baratterait d'autant plus facilement que la température serait plus basse et nous avons dit que c'était précisément l'inverse qui avait lieu; une température basse devrait faciliter la solidification; il est certain, d'après l'observation, qu'elle prolonge la durée du barattage.

En outre, lorsqu'un corps à l'état de surfusion passe ainsi brusquement de l'état liquide à l'état solide, sa température remonte aussitôt pour se fixer au degré normal correspondant à la fusion. Il devrait donc y avoir dans le barattage une élévation de température au moyen de l'apparition du beurre. Nous n'avons jamais entendu dire que ce phénomène ait été constaté.

Nous avons nous-même, dans une grande laiterie industrielle, fait baratter simultanément dans deux barattes danoises de 500 litres, d'une part de la crème, de l'autre de l'eau.

Dans les deux cas l'élévation de température a été la même, deux degrés environ. Cette expérience mériterait peut-être d'être reprise avec des moyens plus précis et plus délicats d'observation, car nous pensons

que la différence des températures observées serait probablement toujours assez faible.

Le beurre est une substance qui ne fond pas nettement à un degré déterminé de température, il passe par l'état pâteux et la fusion arrive progressivement; le changement d'état n'est pas aussi net ni aussi visible que dans le cas de la fusion de la glace ou même dans celle du soufre, par exemple.

Il est donc probable que la fusion du beurre ne correspond pas à un travail moléculaire bien considérable et que, par conséquent, la chaleur latente de fusion est assez faible.

S'il en est ainsi, le dégagement de chaleur au moment de l'apparition du beurre est peut-être lui-même assez peu sensible et, même s'il y avait surfusion, l'expérience dont nous parlions resterait d'une exécution assez délicate; elle devrait être faite avec les plus grandes précautions pour être concluante. En résumé, dans l'état actuel de nos connaissances, rien ne conduit à affirmer cette surfusion; peut-être, si elle existait, devrait-elle cesser par la moindre agitation, et le lait résiste longtemps sans changement à des mouvements de toute sorte et à des chocs, lorsqu'on le transporte d'un lieu à un autre. Lorsque, par des procédés récemment indiqués, on prépare des émulsions de margarine et de lait, on aperçoit au microscope la margarine en très petits globules analogues à ceux du lait; mais la stabilité de ces mélanges est loin d'être aussi complète que celle du lait naturel. Malgré cette dissociation plus facile, l'analogie avec le lait existe frappante et complète. Or ces mélanges peuvent se faire à des températures presque limites, c'est-à-dire à un degré très voisin de celui de la solidification de la margarine; il nous semble difficile d'admettre qu'elle soit restée

à l'état de surfusion lorsqu'elle a été ainsi saisie par le contact brusque avec un corps étranger.

En résumé, nous pensons, sans toutefois présenter d'arguments péremptoires à l'appui de notre assertion, que la matière grasse arrivée à l'état de fusion s'est solidifiée tout en conservant sa forme sphérique. A froid, l'agglomération de ces petites sphérules compactes et résistantes est très difficile, car elles glissent les unes à côté des autres sans se rencontrer; à une température un peu plus élevée, elles se soudent si elles arrivent au contact, mais en donnant une matière pâteuse et filante si le degré de chaleur est trop fort.

Nous avons, en profitant de la température très basse d'un hiver rigoureux, suivi au microscope les transformations des globules butyreux sous l'influence du froid : en fixant sur le porte-objet, une de ces petites sphères, on la voit à basse température se franger de cercles noirâtres, mais en conservant son contour circulaire régulier; lorsque l'on rapporte le microscope au laboratoire et que la température remonte à + 15° environ, le globule reprend peu à peu son aspect primitif.

Nous donnerons, du reste, au chapitre de l'écrémage, plusieurs autres particularités de la structure de ces globules, en tant qu'elles se rapportent plus spécialement à la pratique de l'obtention de la crème et du beurre.

Composition chimique de la matière grasse. — Si nous étudions maintenant cette matière grasse au point de vue chimique, nous trouvons qu'elle est constituée par des glycérides d'acides gras.

La glycérine qui est un alcool triatomique $C^3 H^8 O^3$ forme avec les acides trois séries d'éthers, le mono, bi et tri, avec élimination d'une, deux ou trois molécules d'eau.

Les corps gras sont plus spécialement des combinaisons de glycérine avec les acides de la série grasse, à molécule élevée, on doit compter également les combinaisons avec quelques acides voisins de ces premiers et leur ressemblant par de nombreuses analogies.

Les graisses naturelles sont des éthers ordinairement à trois molécules d'acides divers, mais d'acides dont le poids atomique est élevé ; ce sont les

Tristéarine	$C^{57} H^{110} O^{6}$
Trioléine	$C^{57} H^{104} O^{6}$
Trimargarine	$C^{54} H^{104} O^{6}$
Tripalmitine	$C^{51} H^{98} O^{6}$

Dans le beurre, il semble qu'il y ait eu réduction partielle de ces molécules complexes, car on y voit apparaître

Glycéride tributyrique	$C^{15} H^{26} O^{6}$
— tricaproïque	$C^{21} H^{38} O^{6}$
— tricaprique	$C^{38} H^{62} O^{6}$

Le passage des premières formules aux secondes s'est effectué par une certaine disparition de molécules de C et de H qui ont pu être éliminées par une oxydation par exemple, dans ce cas, il se serait formé de l'eau et de l'acide carbonique et cette transformation équivaudrait à une combustion et par conséquent à une perte de chaleur.

Quoi qu'il en soit de ces réactions précédentes, nous devons retenir surtout les résultats présentant un intérêt pratique, et ils sont ici de la plus haute importance.

Des glycérides à forte molécule ont des densités en

général plus faibles que celle de l'eau et elles fondent entre 0° pour la trioléine et 55° — 71° pour la tristéarine; les suifs bruts fondent vers 30° et se conservent longtemps en surfusion comme toutes les matières grasses; les oléos du commerce sont encore liquides à + 24° et même à des températures plus basses. Par contre, les glycérides à faible molécule ont une densité plutôt plus forte que celle de l'eau et leur point de fusion est en général plus bas que celui des corps précédents.

Si l'on examine de plus près les compositions chimiques, on trouve, d'après Wynter Blyth, les résultats suivants en centièmes :

	Beurre naturel.	Margarine.
Oléine	42.2	30.4
Palmitine	50.0	22.3
Stéarine		46.9
Butyrine, capronine, Capriline	7.8	0.4

Ainsi donc la matière grasse du beurre contient moins de glycérides grasses proprement dites, moins de corps gras pourrait-on dire, plus de glycérides à acides volatils que les graisses naturelles; et d'après cette composition, on peut prévoir que la densité de la matière grasse du beurre doit être plus grande que celle des graisses : c'est ce que l'expérience confirme.

Les margarines ou plutôt les oléos du commerce sont maintenant débarrassées de la majeure partie de leurs glycérides à acides solides; elles renferment surtout de la trioléine et elles fondent à une température inférieure à celle de la fusion du beurre.

La matière grasse contenue dans le beurre ne conserve du reste pas toujours la même composition; les

beurres d'été contiennent en général plus d'acides volatils : M. Duclaux, qui a fait sur ce sujet de nombreuses analyses, a démontré que cette proportion d'acides volatils variait également avec les lieux d'origine des beurres et qu'elle en était presque caractéristique.

Il est en tout cas assez naturel d'admettre que ce sont les éthers à acides volatils qui donnent le parfum des beurres et leur odeur si caractéristique qui les distingue facilement des graisses animales.

Pour résumer en quelques lignes toutes les propriétés de la matière grasse du lait, nous pourrons dire qu'en moyenne la substance de ces globules est un mélange dè glycérides à acides gras insolubles avec des glycérides à acides volatils.

La proposition des premiers acides variede 88 à 83 % ; la somme des acides volatils oscille en général entre 5 et 7 %.

A 10° la matière grasse du lait est grumeleuse et compacte, à 15° ou 20° elle se ramollit, à 35° ou 36° elle est fondue pour se conserver ensuite liquide jusqu'à 25° et même 20°.

La densité de cette matière grasse est en moyenne de 0,92 environ à la température ordinaire ; à 37° elle est à peu près de 0,90 et à 100° de 0,87.

Lactose. — La lactose est un sucre particulier dont la proportion dans le lait varie de 3 à 5 % environ ; une proportion aussi grande de sucre de canne ordinaire donnerait au lait un goût très franchement sucré, tandis que cette saveur se perçoit à peine, même dans les laits les plus riches en lactose. Ce sucre se rapproche du reste davantage du glucose que du sucre de canne ; sa formule chimique le représente même à première vue comme un isomère de la première de ces substances.

Glucose.	Lactose.
$C^6 H^{12} O^6$	$C^{12} H^{24} O^{12}$

Mais un examen plus attentif des propriétés de la lactose conduit à écrire cette formule en séparant une molécule d'eau

$$C^{12} H^{22} O^{11} + H^2 O.$$

qui joue le rôle d'eau de cristallisation.

A la température de 140° à 145°, cette eau disparaît et le corps restant est de la lactose anhydre.

$$C^{12} O^{22} O^{11}.$$

Ce corps reprend de l'eau et se dédouble sous l'influence des acides étendus ; il donne deux molécules de sucre $C^6 H^{12} O^6$.

Telle qu'elle est dans le lait, la lactose cristallise facilement par la seule évaporation; à chaud, elle est soluble dans 3 parties d'eau environ, et dans 6, 9, à la température de 10°; en laissant refroidir lentement des liqueurs concentrées, on obtient de magnifiques cristaux rhombiques, des prismes droits à base rhombe. On distingue facilement ces cristaux de ceux du sucre de canne à l'aide du microscope polarisant.

La lactose reposant sur sa base, se présente en projection horizontale sous la forme d'un losange unique qui n'agit pas sur la lumière polarisée dont le trajet est perpendiculaire.

Le sucre de canne apparaît aux nicols croisés sous de vives couleurs; la direction de la lumière n'est plus celle d'un axe, car ce sucre cristallise dans le système triclinique, prismes obliques à base parallélogramme.

La dissolution de lactose dévie à droite le plan de

polarisation, mais la déviation diminue avec le temps; si l'on part de la lactose anhydre, la déviation d'abord faible va en augmentant, elle passe par un maximum qui correspond à $+118°,6$ pour des dissolutions fraîches; les modifications qui se produisent dans la structure du corps sont jusqu'à présent peu connues, elles proviennent probablement d'hydratations qui se produisent petit à petit, mais on voit que le dosage du sucre de lait par le polarimètre est nécessairement inexact. La lactose agit sur la liqueur de Fehling : une molécule de lactose anhydre réduit 7,4 d'oxyde cuivrique quantité notablement plus forte que celle qui correspond au glucose, 5 à 5,26. Elle brunit par les alcalis et fermente mal en présence de la levure de bière.

Elle donne de l'alcool sous l'influence de quelques ferments animés, et c'est cette transformation par les schizomycètes qui est utilisée dans la préparation du koumys.

Les autres propriétés de ce sucre n'ont pour l'industrie de la laiterie qu'une importance secondaire, aussi ne ferons-nous que les mentionner brièvement.

La lactose est insoluble dans l'alcool et dans l'éther, elle fond à 203° en brunissant, elle se décompose et brûle à une température plus élevée; elle est attaquée par les acides qui la dédoublent, en donnant des produits d'oxydation, acide carbonique, etc., ou des éthers.

Caséine du lait. — L'analyse élémentaire du lait démontre dans ce liquide l'existence de l'azote qui est engagé en combinaison, sous forme de matières azotées ressemblant à l'albumine de l'œuf par beaucoup de leurs propriétés mais contenant cependant une proportion moindre d'azote.

Leur formule d'ensemble est extrêmement complexe

et peut être sujette à quelques incertitudes, ce serait à peu près

$$C^{36} H^{57} Az^{9} O^{11.5} S^{0.5}.$$

Les albuminates ou caséinates alcalins correspondraient au remplacement d'une molécule d'hydrogène par le radical métal.

Nous ne nous arrêterons pas aux propriétés exclusivement chimiques de ce corps azoté en tant qu'elles ne peuvent trouver d'applications dans la pratique; qu'il nous suffise de signaler la solubilité de la matière azotée dans les liqueurs acides en excès et notamment dans l'acide butyrique, la précipitation de la caséine par les acides étendus, la présure et un grand nombre de matières neutres, comme des sels et de l'alcool, le retard ou les variations de précipitation en présence de l'eau ou des dissolutions alcalines et l'accélération presque générale des précipitations sous l'influence de la chaleur.

En général, la matière azotée du lait se comporte à peu de chose près comme une dissolution d'albumine dans l'eau : elle se coagule par la chaleur, est décomposée par le permanganate de potasse qui l'oxyde énergiquement; elle est précipitée par le sous-azotate de mercure sous forme de flocons blancs ou jaunâtres (1).

Comme l'albumine elle se corrompt et tout le monde connaît les odeurs infectes dégagées dans la putréfaction ou la maturation de certains fromages.

(1) Ce réactif très sensible est préparé par les méthodes de Millon ou de Nestler; mis au contact de matières albuminoïdes, il forme avec elles un précipité qui est une combinaison de la matière azotée avec le sous-azotate; le sous-azotate de plomb donne aussi un précipité mais moins caractéristique.

Dans ces décompositions, il se forme d'abord des produits azotés plus simples, de la tyrosine, de la leucine qui déjà sont cristallisées; puis finalement si la putréfaction est poussée jusqu'à l'extrême, l'azote disparaît à l'état de sels ammoniacaux; le soufre dans les réactions réductrices de la pourriture donne de l'acide sulfhydrique qui contribue à communiquer aux produits de la décomposition une odeur quelquefois très désagréable.

Ces matières azotées dont la proportion totale varie de 3 à 5 ou 6 pour cent, jouent dans l'industrie fromagère le rôle capital; elles constituent la matière première de la fabrication.

Les réactions de ces composés protéiques sont tellement étranges et complexes que jusque dans ces dernières années on avait admis l'existence de plusieurs combinaisons azotées différentes. Des expériences assez nombreuses semblaient confirmer cette manière de voir.

Si l'on ajoute à du lait un précipitant approprié, admettons que ce soit de l'acide acétique, il se forme un coagulum qui est azoté, mais il reste encore des matières azotées dans la liqueur au sein de laquelle s'est fait le précipité; il suffit pour s'en convaincre de chauffer ce liquide, on le voit se troubler vers 70°, et cette coagulation par la chaleur est, d'après les idées admises, caractéristique de l'albumine. Il y aurait donc, d'après cette réaction, au moins deux matières azotées, l'une qui se précipite par l'acide acétique; on pourrait l'appeler plus spécialement caséine, puisqu'elle représente le caséum du fromage; l'autre serait identique au principe du blanc d'œuf, c'est de l'albumine. Mais si au lieu de choisir l'acide acétique, on avait employé un autre précipitant, par exemple le sulfate de magnésie, l'azotate de mercure, le réactif de Nestler, il semble que l'on au-

rait pu subdiviser davantage les matières protéiques du lait.

Si la première précipitation a été faite avec de l'acide acétique et que l'on ajoute quelques gouttes de réactif de Nestler, il se fait un précipité, mais la liqueur filtrée coagule encore par la chaleur. Il s'ensuit donc, et c'est à cette conclusion que queiques auteurs se sont arrêtés, qu'il y a plusieurs matières azotées dans le lait, et que ces matières protéiques précipitent par certains réactifs appropriés; on peut alors les isoler et les définir par ces propriétés de faculté de précipitation. On était arrivé dans cet ordre d'idées et suivant les auteurs à une véritable confusion des choses : il existait soi-disant dans le lait de la protéine, de la caséine, de la lactoprotéine, etc., autant de matières que d'auteurs ou de réactifs différents.

Quelques remarques faciles à formuler semblaient cependant déjà amener des doutes sur l'existence prétendue de toutes ces matières.

La nature du précipité et son poids diffèrent suivant les quantités du précipitant, diffèrent aussi suivant la température et la nature du lait.

Examinons plus en détail les propriétés et les réactions de quelques-unes des substances annoncées et dénommées par les chimistes ou physiologistes.

L'albumine est la matière dont la présence paraît la mieux démontrée (1).

Bouchardat et Quévenne, puis plus tard Hoppe-Seyler et enfin Zahn ont isolé par filtration sur du papier, des membranes organiques ou des vases de porcelaine sans

(1) Ce chapitre de la caséine est en grande partie une analyse ou une reproduction des études de M. Duclaux sur le sujet; nous avons fait au savant auteur de nombreux emprunts et nous ne pouvions mieux exprimer les choses qu'en citant le texte original.

Duclaux, *le Lait.*

couverte, un liquide plus ou moins opalescent se troublant par la chaleur, c'est-à-dire se comportant comme le sérum du sang. Il est tout d'abord hors de doute que la matière même du filtre n'a pas eu d'influence sur la nature du liquide écoulé, car les auteurs dont nous venons de citer les noms sont arrivés à des conclusions analogues avec des filtres très divers. Il est non moins certain que ce n'est pas du serai ou ziger que l'on précipite par la chaleur. Cette matière prend naissance lorsque l'on chauffe des liquides qui ont précipité à froid par un acide et l'on peut objecter que, dans ces circonstances, c'est l'action de l'acide qui se continue à chaud. Nous étudierons cette réaction lorsque nous nous occuperons de la fabrication du gruyère.

Dans le cas présent, il est facile de vérifier que ce n'est pas la réaction de la liqueur qui est la cause déterminante de la précipitation; la coagulation a lieu dans des liquides alcalins.

D'autres phénomènes viennent encore en apparence corroborer cette manière de voir. Si l'on fait bouillir du lait et qu'on ne lui ajoute l'acide qu'après le refroidissement, le liquide filtré ne se trouble que très légèrement par la chaleur, ce qui semble démontrer que l'albumine a déjà été coagulée par le premier chauffage et éliminée ensuite lors de la filtration.

Cependant, comme nous l'avons annoncé, certains points de ces réactions restent obscurs; les rendements sont singulièrement différents les uns des autres, on recueille par certaines opérations 1 d'albumine coagulée alors que, dans le même lait différemment traité, on en trouve 10; les résultats sont donc très variables. On retrouve encore une matière azotée après ces deux coagulations par l'acide et par la chaleur.

Le liquide après deux filtrations précipite encore par

le tannin, et l'analyse montre que ce troisième précipité est encore une matière protéique. Bouchardat et Quévenne l'ont appelée *albuminose;* un autre chimiste, Morin, qui paraît avoir entrevu cette même substance, l'avait nommée *galactine*, mais ni les uns ni les autres de ces savants n'ont donné de ces substances des caractères suffisamment nets et précis. Le dernier cité, Morin, avait signalé, mais sans insister, une quatrième substance azotée qu'il crut être de la gélatine.

Millon et Commaille avaient aussi isolé du lait une substance azotée probablement identique à l'albuminose précédente; leur précipitant était le réactif fourni par l'azotate de mercure uni à l'iodure de potassium, réactif de Millon ou de Nestler, et les auteurs précités avaient baptisé leur matière nouvelle du nom de lacto-protéine.

Hammarsten a retrouvé encore une substance analogue en partant de la présure et des acides, il l'appelle protéine du petit lait; il la caractérise, mais en émettant l'idée que c'est peut-être une matière formée par les réactifs et non préexistante; il suppose que la caséine du lait se dédouble sous l'influence de la présure et de la chaleur, que la présure agit sur le phosphate de chaux, l'enlève au lait et que, dans ce cas, la caséine, combinée primitivement à ce sel, se sépare et se dépose; une autre proportion de caséine combinée reste à l'état de dissolution.

C'est encore cette matière que l'on retrouverait après la coagulation du lait en vase clos à la température de 130° à 140° ou à 120° seulement si le lait a été saturé d'acide carbonique.

On a été conduit également à supposer l'existence de peptones dans le lait ou leur formation sous l'influence des réactifs employés.

Dans un travail plus récent, MM. Danilewski et Ra-

denhausen étudiant encore avec d'autres réactifs les matières constituantes du lait sont parvenus à isoler quatre matières albuminoïdes qui ne sont pas celles que l'on admettait précédemment. La caséo-albumine s'obtient d'après ces auteurs en précipitant le lait par de l'acide chlorhydrique étendu, lavant le précipité par l'eau et par l'alcool à plusieurs reprises jusqu'à ce que la matière insoluble restant sur le filtre soit bien débarrassée d'acide et de matière grasse; ces filtrations doivent être effectuées à la température de 50° environ.

Par le refroidissement des liqueurs, il se précipite une nouvelle substance albuminoïde que les auteurs appellent caséo-protalbine; cette substance se rapproche un peu de la protalbine que l'on retire de l'albumine de l'œuf par des procédés analogues. Ces matières contiennent du soufre dont la présence se dévoile pendant les putréfactions, mais les proportions diffèrent avec les origines; les matières azotées de l'œuf et du lait ne sont donc pas tout à fait identiques. MM. Danilewski et Radenhausen pensent aussi avoir isolé une matière albuminoïde qui constituerait en partie l'enveloppe des globules gras. Nous n'avons pas plus à insister sur cette substance, dont l'existence nous paraît assez problématique, que sur celles des autres matières azotées que les auteurs ont trouvées dans le sérum, l'orro-protéine, l'albumine du serum qui contient une notable proportion de fer, la lacto-syntoprotalbine soluble dans les acides étendus, le lacto-syntogène soluble dans l'acool à la température de 40° et enfin une peptone, une pseudopeptone et du syntogène.

Sans méconnaître le mérite du travail des auteurs, on ne peut s'empêcher de remarquer que les conclusions ne sont peut-être pas suffisamment rigoureuses eu égard aux procédés employés.

Les auteurs se servent de réactifs divers et donnent immédiatement un nom nouveau à la substance qui précipite par celui-ci en se comportant différemment avec cet autre ou ce troisième. Ces distinctions sont trop hâtives et l'on comprend qu'avec des matières protéiques, c'est-à-dire dont la forme est changeante et des plus variables, les réactifs employés de différentes façons puissent conduire à admettre de nombreuses matières différentes. D'après les travaux énumérés nous avons cité une assez notable quantité de ces matières diverses.

La conclusion est que par ces propriétés de précipitation, les matières ne sont pas suffisamment bien définies pour qu'on puisse leur donner un nom qui s'applique à une substance caractérisée. Prenons en effet simplement l'action d'un précipitant quelconque, l'acide acétique.

Si nous ajoutons à du lait une trace d'acide acétique, il se forme un léger précipité qui augmente jusqu'à une certaine limite avec la proportion d'acide, mais ce précipité est variable avec la température et ses propriétés diffèrent très notablement. Y aurait-il une matière azotée spéciale à la température ordinaire et une autre substance distincte à la température de 50° ?

Il est évident, d'après l'énumération des travaux que nous venons de passer en revue, qu'en variant les conditions des expériences on découvrira presque indéfiniment des matières nouvelles ; l'esprit se refuse à croire à toutes ces complications de l'œuvre de la nature et il est plutôt enclin à admettre que l'on a affaire à une substance unique ou tout au moins à un nombre assez restreint de matières et que ce sont les réactifs eux-mêmes qui créent cette diversité.

Dans nulle étude, en effet, on ne rencontre de semblables incertitudes ou de si notables divergences d'idées.

A travers toutes ces opinions, le cherchant ne peut savoir où est la vérité. Il est d'un sage de s'abstenir et de penser que le principe de toutes ces expériences est défectueux.

Telle a été l'opinion de M. Duclaux et les recherches de ce savant sont venues jeter sur la question un jour tout nouveau qui, à notre avis, permet enfin de l'apercevoir telle qu'elle existe en réalité.

Si nous rappelons les faits résumés de tous les travaux antérieurs, il en appert qu'il y a dans le lait une matière précipitable par les acides, la présure, etc., une matière que la chaleur coagule, mais que les réactions quelles qu'elles soient ne sont pas complètes.

Si une substance a déterminé un précipité, un coagulum, une autre précipitera encore; si une coagulation d'albumine s'est formée par la chaleur, la proportion de ce caillé est variable suivant les circonstances.

Les recherches de M. Duclaux démontrent précisément les différences des réactions d'un même réactif. Lorsque l'on additionne le lait d'un très grand excès de sulfate de magnésie, il se forme un coagulum qui renferme la caséine comme partie constituante; le liquide filtré se coagule à la chaleur et paraît donc contenir de l'albumine, mais on peut remarquer que les conditions de la précipitation varient singulièrement avec la proportion de sulfate de magnésie.

Toute la caséine n'est pas précipitée, car si l'on filtre le liquide en partie coagulé par la chaleur, le nouveau liquide clair précipité par l'acide acétique, le sulfate de magnésie n'avait pas enlevé toute la caséine. Le coagulum formé par ce sel est soluble dans l'eau; si l'on effectue cette dissolution, on obtient un liquide qui se trouble quand on le chauffe.

Il résulte de ce fait ou que le sulfate de magnésie

avait précipité de l'albumine, et nous avons vu qu'il n'avait pas tout précipité, ou bien que la caséine précipite à chaud par le sulfate de magnésie pris dans des proportions qui ne donneraient aucune réaction à froid.

A froid, le lait se coagule en présence de 50 % de sulfate de magnésie, à 60° il ne lui en faut plus que 20 % et 10 % seulement à 100°.

Ceci prouve que la précipitation à froid était incomplète et celle-ci même est d'autant moindre que la proportion de sulfate est plus petite, puisque le coagulum se redissout dans l'eau.

Ainsi donc, si nous prenons des proportions croissantes de sulfate de magnésie, nous obtenons les coagulations à des températures de plus en plus basses.

A 40°, par exemple, avec une proportion déterminée de sulfate, on obtient un coagulum, et il semblerait que, dans ce cas, on a affaire à une matière albuminoïde qui se coagule à 40°. On pourrait dire, en exagérant un peu la portée des termes : Avec une proportion de tant de sulfate de magnésie, on met en évidence une albumine particulière qui se coagule à tant.

Avec zéro de sulfate de magnésie, la coagulation a lieu naturellement entre 60° et 70°.

Tout cela conduit à conclure que l'on n'a probablement qu'une seule matière albuminoïde dont les propriétés dépendent du milieu ambiant.

Cette conclusion est si vraisemblablement exacte, qu'un grand nombre de sels se conduisent à peu près comme le sulfate de magnésie; de quelques-uns, il ne faut que des quantités extrêmement faibles, mais aucun d'eux ne donne de précipitation absolument complète.

Il résulte de ces faits que les propriétés de la matière albuminoïde du lait changent avec les conditions de l'ex-

périence et qu'il semble qu'il y ait dans le lait une matière qui se présente sous des états différents, suivant les circonstances. L'on voit aussi qu'il n'y a pas que des actions chimiques qui se passent; le sulfate de magnésie, comme plusieurs autres sels qui produisent des effets analogues, sont des corps neutres, et l'on ne peut comprendre leur action qu'en invoquant l'apparition de phénomènes physiques peut-être du même ordre que ceux de l'osmose.

Le sulfate de magnésie pourrait cependant agir comme un précipitant de la chaux du lait, mais cette réaction n'expliquerait pas l'influence remarquable de la quantité du sulfate ajouté.

On pourrait se représenter le lait comme une éponge dont le tissu serait formé par une matière protéique, ou mieux par une infinité de cellules renfermant une matière protéique; une partie de cette substance albuminoïde est déjà libre et dissoute dans le liquide ambiant. L'autre, la portion emprisonnée, exsude plus ou moins, suivant l'état du liquide et la température.

Il existe, pour chaque condition particulière, un état d'équilibre spécial dont on se ferait une idée approchée en considérant comme comparaison une dissolution d'un sel dans l'eau.

Si à une dissolution de chlorure de sodium dans l'eau, par exemple, on ajoute petit à petit des proportions croissantes d'alcool, il se précipite des quantités croissantes de sel; mais pour chaque composition de la liqueur, il existe une quantité normale correspondante de sel dissous. Il semble que l'on ait quelque chose d'analogue pour les caséines : il existe une caséine insoluble, celle qui se précipite dans les conditions ordinaires de l'expérience, mais il existe aussi une autre portion de cette caséine qui reste en dissolution. En présence de

certains corps, cette proportion de caséine dissoute est faible, mais la proportion varie avec les substances; la caséine est presque insoluble dans les liqueurs acides ou chargées de présure; mais cependant encore, dans ce cas, la quantité de matière précipitée depend-elle de la quantité du précipitant?

Si dans un même lait on ajoute : 1 goutte, 2 gouttes, puis des quantités croissantes d'acide acétique, on obtient des proportions variables de caséine. Il est indubitable aussi que la question du temps intervient : si l'on précipite du lait par de l'acide acétique, le précipité n'est pas le même au moment où il prend naissance, et quelque temps après il se dessèche dans le liquide et il expulse de la caséine dissoute qui était restée emprisonnée dans le coagulum.

M. Duclaux en est arrivé, avons-nous dit, à soupçonner au milieu de ces réactions diverses, des manières d'être distinctes d'une même substance azotée. D'après cet auteur, il existe normalement dans le lait de la caséine insoluble; celle-ci est en suspension, puis une autre forme de cette caséine sous laquelle cette substance est soluble : les proportions de ces deux caséines sont variables, suivant les circonstances, mais il y a pour chaque condition particulière un état d'équilibre déterminé. Nous ne pouvons mieux faire que de relater ici les expériences si nettes et si concluantes du savant professeur, en citant les termes de son ouvrage sur le *Lait*.

« Du lait normal bouilli a été abandonné à lui-même pendant un temps suffisant pour que la caséine ait pu se déposer au fond du vase. On a siphonné alors avec précaution la couche profonde renfermant la caséine déposée, et on l'a ainsi séparée de la couche moyenne que surnage la crème, couche d'aspect et de transparence

cornée, d'où la caséine en suspension a disparu. Dix centimètres cubes de la couche profonde, beaucoup plus visqueuse que l'autre, évaporés et séchés à 110°, ont laissé 12,3 pour cent de résidu; 10 centimètres cubes de la couche moyenne en ont laissé dans les mêmes conditions 8,8 pour cent seulement. La différence est de 3,5 %. Mais elle n'est pas imputable en entier à la caséine. Malgré un repos de quatre ans, il était resté de la matière grasse dans la couche inférieure, ce qui prouve, en passant, avec quelle ténacité la caséine la retient. Une analyse plus complète a montré qu'il y avait 2,3 % de caséine dans la couche supérieure et 5,5 % dans les couches inférieures.

La différence dans les proportions de caséine est donc de 3,2 %. Les volumes des deux couches ayant été à très peu près égaux, on voit que la caséine en suspension était dans la proportion de 3,2 divisés par 2 = 1,6 %, sur 3,9 % de caséine totale que renfermait le lait.

Les 2/5es environ de la matière albuminoïde de ce lait étaient donc à l'état de simple suspension. Cette partie solide du lait mérite le plus authentiquement de porter le nom de *caséine* : elle jouit de toutes les propriétés chimiques de cette substance, et se trouve naturellement à cet état de coagulum gélatineux que l'autre portion de caséine ne prend que sous l'action de certains corps.

Le liquide qui a laissé déposer ce précipité en suspension est encore assez fortement opaque, bien qu'il se soit débarrassé de caséine solide et qu'il ait laissé monter toute sa crème. Rougeâtre par transmission, il est gris bleuâtre par réflexion. Il renferme de la caséine qui forme pellicule quand on l'évapore, comme le fait le lait. Une goutte de dissolution de chlorure de calcium opacifie la liqueur et la fait se prendre au bout de quelque temps en une

masse gélatineuse. Elle a l'air parfaitement homogène, et passe intégralement à travers les filtres de papier. Mais on peut en séparer une substance nouvelle par un moyen encore purement physique, en ayant recours à la filtration au travers de parois poreuses, inaugurée par Zahn, en 1869, dans cet ordre de recherches.

Cette filtration doit être faite avec la précaution essentielle, d'éviter d'une façon absolue l'ingérence des microbes. Ceux-ci, nous le verrons, sécrètent des diastases, dont l'une coagule la caséine sans rien changer à la réaction du lait, dont l'autre amène la caséine à un état tout différent de celui qu'elle a dans le lait frais. En outre, par leur procès vital, par l'acte de leur nutrition, ces microbes agissent sur les produits assimilables que leur a fournis l'action de leurs diastases, pour y amener des transformations plus ou moins profondes.

Toutes les contradictions rencontrées jusqu'ici dans l'emploi de la méthode de filtration par des cloisons poreuses tiennent en partie à ce qu'on ne s'est pas mis suffisamment en garde contre la présence de ces ferments de la caséine.

Une bougie filtrante est fixée solidement au fond d'un récipient métallique épais, on la met en communication, par son couvercle, avec une machine à compression.

Dans ce récipient on verse soit du lait recueilli à l'abri des microbes, soit, ce qui revient au même, comme nous le verrons, du lait bouilli. Quand on n'a pas besoin de recueillir une grande quantité de liquide, et qu'il ne fait pas trop chaud, on peut se contenter d'opérer sur du lait venant de la traite et refroidi aussitôt. Les microbes qu'il contient ne produisent pas d'effet sensible au bout de quelques heures, et comme on a d'avance stérilisé la bougie, le liquide qu'on en retire, s'il est reçu

dans un vase aussi stérilisé, peut rester indéfiniment limpide.

On peut aussi, ce qui sera souvent plus simple, se servir de vases poreux pour les piles. On les prend d'un petit modèle en choisissant de préférence un vase vernissé à sa partie supérieure, et par cela plus résistant. On y enfonce un bouchon de caoutchouc relié à la machine pneumatique, et on immerge le tout dans le lait. L'expérience sera acceptable lorsque le liquide qu'on retirera sera parfaitement limpide. Ce liquide est d'ailleurs identique à lui-même quel que soit le procédé qui l'a fourni.

Voici, en effet, le résultat de la comparaison de deux liquides d'un même lait :

	Tube poreux.	Vase poreux.
	—	—
Sucre de lait et caséine......	5.33 %	5.32 %
Cendres.....................	0.53 —	0.53 —
	5.86 %	5.85 %

1° *Étude du résidu de filtration.*

Supposons, pour n'avoir pas à compter avec la matière grasse, que nous opérions sur du lait à peu près complètement écrémé par un repos prolongé. Nous trouverons que ce lait abandonne, sur la paroi extérieure du tube de porcelaine un enduit visqueux, assez cohérent, d'une couleur blanc grisâtre, et ayant la demi-transparence de la corne. Cette matière est encore de la caséine. Elle est soluble dans l'acide acétique. Finement broyée dans un mortier, et remise en suspension dans l'eau, elle donne un liquide d'aspect assez homogène si le broyage a été complet.

Le liquide filtré, louche, d'un blanc sale, précipite

abondamment par les acides, et le précipité se redissout dans un grand excès d'acide acétique.

Il n'est pas nécessaire, pour remettre en suspension et en dissolution dans l'eau la caséine déposée sur les parois du filtre de porcelaine, de la traiter par l'eau de chaux, lorsqu'on a pris les précautions nécessaires pour que le lait ne s'acidifie pas pendant l'opération. La caséine qu'on redissout est bien telle qu'elle existait dans le lait, et reprend l'état soluble sans l'intervention d'aucune action étrangère.

Au point de vue pratique, on rend l'expérience plus facile et plus complète en dissolvant la caséine déposée dans un liquide légèrement alcalin. L'eau de chaux est préférable à la potasse ou à la soude, en ce qu'elle donne au liquide un éclat blanc qui rappelle celui du lait. Avec elle, le trompe-l'œil est plus parfait, mais tous les alcalis agissent comme elle. Ils augmentent le caractère muqueux, le gonflement de la caséine, ils diminuent sa cohésion, de même que les acides l'augmentent, et avec la caséine, comme avec les autres matières albuminoïdes, la solubilité ou l'insolubilité sont en rapport direct avec les variations dans la cohésion.

Nous trouvons donc en résumé dans le lait, outre la caséine que nous savons y être en suspension, une autre partie de la même substance, qu'on pourrait croire en solution complète en constatant qu'elle passe au travers des filtres de papier, mais qui est incapable de passer au travers d'un filtre en porcelaine dégourdie, et reste à sa surface, sous un état tout à fait pareil à celui que possède naturellement la caséine en suspension.

Il semble donc qu'il n'y ait pas de ligne de démarcation bien tranchée entre la caséine en suspension et la caséine colloïdale. Nous ne les distinguerons pas dans nos analyses. Mais comme le filtre les arrête toutes

deux, on peut, en comparant la composition du lait initial avec celle du liquide filtré, savoir quelle est leur proportion totale. De nombreuses expériences ont fait voir à M. Duclaux qu'elles représentent environ les 9/10 de la matière albuminoïde totale du lait.

2° *Étude du liquide filtré.*

Nous arrivons enfin à l'étude du liquide filtré au travers des tubes de porcelaine. Il est limpide et à peine coloré. Ainsi qu'on pouvait s'y attendre, il a entraîné avec lui le sucre du lait, une partie des sels.

La matière albuminoïde, d'après le chiffre que nous venons de donner, représente environ le 1/10 de celle du lait. C'est dans cette matière albuminoïde que nous allons retrouver l'albumine, la lactoprotéine, et même, à l'occasion, les peptones.

Ce liquide, en effet, absolument neutre, précipite par la chaleur, il se trouble plus ou moins abondamment avant l'ébullition; et peut donc être considéré comme renfermant de l'albumine.

La liqueur précipite plus abondamment encore, surtout à chaud, lorsqu'elle est additionnée d'une très petite quantité d'acide acétique. Il faut se garder d'ajouter un excès de ce réactif, qui redissout très facilement le précipité formé. Ce qu'il y a de plus sûr, c'est de le porter sur les parois du tube à essai, un peu au-dessus du niveau du liquide, à l'aide d'un tube capillaire qui n'en laisse couler que très peu à la fois. Cette précipitation par l'acide acétique, la redissolution du précipité prouvent que le liquide renferme encore un peu de caséine.

Enfin le liquide, débarrassé par une filtration de son albumine et de sa caséine précipitée à chaud, précipite encore par l'alcool, le sous-acétate de plomb et

surtout le réactif de Millon, qui y donne des flocons blancs, jaunissant quand on chauffe, soluble dans un excès du liquide précipitant. Il contient donc la lacto-protéine de Millon et Commaille. Toute la question à résoudre est d'interpréter la vraie signification de ces diverses réactions.

Reprenons pour cela le tube de porcelaine qui a servi à la filtration, lavons la matière déposée à sa surface de tout ce qu'elle pourrait avoir conservé du liquide primitif en plongeant ce tube dans l'eau qu'on aspire à l'intérieur au moyen de la pression ou du vide, enlevons ensuite cette matière au moyen d'une spatule et, après l'avoir broyée finement, remettons-la en suspension dans l'eau distillée. Nous savons déjà que, filtrée sur le papier, elle laisse écouler un liquide d'où les acides précipitent la caséine. Mais nous pouvons voir en outre que ce liquide filtré précipite par la chaleur. Il renferme donc de l'albumine, conformément à l'interprétation adoptée, de sorte que la simple mise en suspension dans l'eau de caséine authentique suffisait pour en faire de l'albumine.

Filtrons maintenant au travers d'un tube de porcelaine cette eau distillée tenant en suspension de la caséine lavée, et cela après quelques heures, de façon à donner à la matière albuminoïde, très lente dans ses évolutions, le temps de se plier à son nouveau milieu. Le liquide limpide précipitera par l'alcool, le sous-acétate de plomb et le réactif de Millon : il renferme donc de la lacto-protéine.

Tous ces résultats n'ont qu'une interprétation possible pour M. Duclaux qui a concu et exécuté toutes ces experiences : l'albumine du lait et sa lactoprotéine ne sont que de la caséine à l'état de solution plus ou moins complète dans l'eau.

Il ne nous reste plus, pour terminer ce sujet, qu'à nous demander si dans le liquide filtré au travers de la porcelaine, il y a en quantités sensibles une autre matière albuminoïde que cette lactoprotéine; s'il y a, par exemple, des peptones ou des produits encore moins complexes que les peptones. Il y a un moyen de se renseigner assez exactement sur ce point. L'alcool, employé en grand excès, précipite toutes les matières vraiment albuminoïdes; il redissout, au contraire, celles qui sont déjà transformées et se rapprochent du groupe des matières extractives. Comparons donc le poids de matière azotée fourni par la méthode précédente avec le poids de matière albuminoïde fourni par une précipitation au moyen de l'alcool.

Cette dernière détermination est facile, à la condition qu'on prenne les deux précautions suivantes : filtrer le précipité muqueux obtenu par l'alcool, assez vite pour que le sucre de lait n'ait pas le temps de se déposer; maintenir toujours le filtre plein de l'alcool de lavage. Si le précipité reste exposé à l'air, il se redissout dans l'eau que l'alcool laisse en s'évaporant, et on a des pertes.

S'il y a dans le lait des matériaux azotés autres que la caséine, c'est évidemment dans le liquide filtré provenant de ce lait qu'ils prédomineront.

Dans 10 centimètres cubes de ce liquide provenant de la filtration du lait frais M. Duclaux a trouvé, par la méthode de dosage indirect indiquée plus haut, $0^{gr},078$ de matière organique azotée.

La précipitation par l'alcool en a fourni $0^{gr},073$. Le premier de ces chiffres est un peu supérieur au second, ce qui semble indiquer l'existence dans le lait d'une matière azotée ou non, non précipitable par l'alcool, ou au moins très facilement soluble dans ce

liquide. Nous avons vu, en effet, que MM. Danislewski et Radenhausen ont trouvé dans le lait des matières extractives véritables, mais tous les matériaux autres que ceux qu'on peut qualifier d'albuminoïdes sont en très petite quantité, et, en présence des incertitudes sur leur vraie nature et sur leur dosage, nous pouvons les négliger dans une première approximation sans crainte d'erreur sensible. Nous appellerons en résumé matière albuminoïde ou caséine tout ce qui dans le lait, filtré ou non, n'est ni beurre, ni sucre, ni sels minéraux. Nous avons donc un procédé de dosage facile de cette substance.

Mais nous avons une conclusion à tirer des faits consignés dans ce chapitre. Nous avons montré que l'albumine se comportait comme la caséine en présence des sels. Nous venons maintenant de prouver que l'étude soigneuse des produits de filtration de la caséine du lait ne nous a pas amené à y trouver autre chose que de la caséine. Au lieu de filtrer du lait, nous aurions pu filtrer une dissolution d'albumine, un liquide organique albumineux quelconque, nous trouverions dans le liquide filtré tout ce que nous avons trouvé dans le lait filtré, un corps précipitant par la chaleur, un autre par les acides, un troisième par le réactif de Millon, etc., c'est-à-dire tous les produits qu'on a cru pouvoir caractériser dans le lait par des noms différents.

Il faut donc, en présence de ces faits, ou bien admettre l'existence dans le blanc d'œuf, comme dans tous les liquides albumineux, de toute la série des produits qu'on a cru déceler dans le lait, caséine, albumine, serai, lactoprotéine, ou bien admettre pour l'albumine, comme nous avons été conduit à le faire pour la caséine, que tous ces produits dérivent par simple dissolution de l'albumine de l'œuf.

La lactoprotéine de l'albumine et celle du lait nous apparaissent identiques, ce qui conduit à la conclusion que, à l'état de solution parfaite, les matières albuminoïdes se confondent et commencent à ne différer qu'à l'état muqueux ou à l'état solide, c'est-à-dire lorsque entrent en jeu des questions non de constitution, mais d'agrégation moléculaire.

L'opinion de M. Duclaux est adoptée aujourd'hui presque unanimement, et dans cet ouvrage nous ne parlerons jamais que d'une seule matière albuminoïde du lait, la caséine.

Cendres du lait. — Lorsque l'on abandonne du lait à un repos absolu pendant plusieurs années ou lorsqu'on soumet pendant longtemps un même échantillon à l'action de la force centrifuge, on distingue, outre les couches de crème et de sérum, un léger précipité blanchâtre déposé sur le fond du vase.

A l'analyse, ce dépôt se montre composé en majeure partie de phosphate de chaux; c'est un des principaux sels contenus dans le lait, mais il en existe plusieurs autres qui sont pour la plupart à l'état de dissolution.

En somme, si l'on calcine le résidu de l'évaporation du lait, on obtient des cendres dont la proportion est d'environ 7 gr. par litre en moyenne.

Le phosphate de chaux y entre pour plus de la moitié, et cette proportion considérable conduit à soupçonner que ce corps joue peut-être quelque rôle dans la constitution des substances fixes. Il est possible que ce phosphate soit à l'état de combinaison avec les substances azotées. De semblables composés azotés se rencontrent dans les graines et les fruits; ils sont assez stables, résistants, et le phosphore parait être une partie constituante nécessaire de leur composition. Le dépôt de phosphate est surmonté dans le lait abandonné au repos d'un dépôt de ca-

séine, ce qui semblerait prouver que la combinaison se détruit sous l'influence seule du temps, que les deux éléments deviennent certainement plus insolubles, et que l'émulsion complexe de la matière se scinde, en laissant se porter chacun des constituants à la place correspondante à sa densité.

Les autres corps fixes du lait sont des chlorures et des sulfates à bases alcalines parmi lesquelles la potasse domine. L'existence des composés du soufre se démontre sans peine. Il n'est pas rare, dans les décompositions putrides du lait, de percevoir l'odeur de l'acide sulfhydrique ; ce gaz provient de la réduction des sulfates et de l'hydrogénation du soufre de la caséine. Les chlorures sont en proportion assez considérables, et il est probable que leur quantum n'a jamais été exactement déterminé à cause de la facile volatilisation de ces composés ; leur rôle est inconnu, peut-être secondaire. Il se peut que les chlorures introduits dans l'alimentation par la nourriture ou le sel que lèchent les animaux, passent à peu de chose près sans modification dans les excrétions.

Les recherches directes n'ont pas démontré l'existence de nitrates dans le lait; ceux-ci donneraient des alcalis libres par la calcination, et ces bases n'apparaissent pas isolées en général.

Les bases combinées aux acides sont tout d'abord la chaux (1) qui en majeure partie est alliée à l'acide phosphorique, mais cependant il est utile de remarquer que cet acide est en excès ; il doit donc y avoir des phosphates autres que le phosphate tribasique de chaux, peut-être des phosphates de potasse ou de soude ; la première de

(1) D'après des recherches récentes que nous rapporterons au chapitre de la conservation du lait, la chaux paraîtrait jouer un rôle des plus importants dans la coagulation ; elle serait l'élément nécessaire et indispensable de la précipitation.

ces bases est la plus abondante dans les cendres de lait.

Enfin on rencontre dans le résidu de l'incinération, une petite quantité de magnésie et d'oxyde de fer. Voici une composition moyenne des cendres de lait donnée par Fleischmann, en centièmes :

Anhydride phosphorique	28.31
Chlore	16.34
Chaux	27.00
Potasse	17.34
Soude	10.00
Magnésie	4.07
Oxyde de fer	0.62
	103.68

Toutes les bases ont été évaluées comme si elles étaient à l'état d'oxydes; or, quelques-unes sont à l'état de chlorures, et le chiffre 103,68 est trop fort puisque dans l'évaluation on a dû ajouter de l'oxygène qui n'existait pas en réalité.

Gaz du lait. — On a signalé la présence de 3 à 6 % de gaz divers dans le lait fraîchement tiré; ces gaz sont composés d'acide carbonique, de beaucoup d'azote et d'une petite proportion d'oxygène. Ce fait physiologique n'a, au point de vue pratique, aucun intérêt. Mais il n'en serait pas de même au point de vue théorique : la présence de l'acide carbonique expliquerait peut-être la réduction du poids atomique de la molécule des corps gras, lorsque l'on part du suif pour aboutir au beurre.

Particularités de l'analyse du lait. — Dans les analyses, M. Duclaux distingue les éléments en suspension et les éléments en dissolution qu'il isole par une filtration au travers de la porcelaine.

Les laits de la race Salers qu'il a analysés sont ex-

trêmement pauvres; voici deux compositions de ces liquides :

LAIT DE FAU, 24 AOUT.

	Éléments en suspension.	Éléments en dissolution.
	—	—
Matières grasses	2.75	
Sucre de lait		5.38
Caséine	2.72	0.55
Phosphate de chaux	0.21	0.14
Sels solubles		0.35
Extrait sec total		12.10

LAIT DU 28 SEPTEMBRE.

Matières grasses	2.34	
Sucre de lait		5.07
Caséine	3.22	0.68
Phosphate de chaux	0.18	0.22
Sels solubles		0.38
Extrait sec total		12.09

Résumé. — En résumé on peut, croyons-nous, admettre pour nos laits moyens de France la composition centésimale suivante :

	Lait riche.	Lait pauvre.
	—	—
Beurre	5.50	3.50
Caséine	5.00	3.50
Sucre	5.25	4.50
Sels	0.75	0.60
Extrait sec	16.50	12.10

Nous admettrons pour la suite de nos études que le lait est une émulsion de matière grasse dans un liquide albumineux contenant un seul principe azoté que nous appellerons la caséine.

Ce liquide, grâce à sa viscosité, rend très lente la sépa-

ration de la matière grasse, mais par le temps seul une dissociation profonde s'opère dans le liquide : il se précipite du phosphate de chaux et de la caséine, la crème monte à la surface et il reste entre ces deux couches une proportion assez considérable d'un liquide verdâtre translucide qui n'est autre qu'une dissolution de sucre de lait contenant encore, en outre, de petites quantités de matières minérales et protéiques également dissoutes.

Au point de vue industriel qui nous préoccupe toujours plus spécialement, il est important de connaître la proportion de certains des principes constituants du lait, et en particulier de la matière grasse. Le problème est difficile, mais eu égard à l'intérêt qu'il présente, nous allons passer en revue la plupart des méthodes d'analyses qui ont été proposées.

CHAPITRE II

EXAMEN ET ANALYSE DU LAIT NORMAL
MÉTHODES APPROXIMATIVES. — MÉTHODES EXACTES

Analyse du lait. — Il existe de très nombreux procédés d'analyse du lait. Pour beaucoup d'entre eux, les auteurs n'ont eu en vue que d'effectuer rapidement certains dosages spéciaux dont la connaissance suffit pour la pratique. C'est ainsi que bien souvent on se contente dans l'analyse, du dosage de la matière grasse, en admettant implicitement que la proportion de cette substance est d'autant plus grande que le lait est plus riche non seulement en graisse, mais en caséine, en sucre ou, au total, en extrait sec.

La matière grasse est d'autre part, celle dont le dosage intéresse le plus la pratique, et il existe d'assez nombreux procédés de dosage de beurre dans le lait. Nous allons passer en revue les principaux moyens d'analyse en donnant d'abord les méthodes approximatives, mais rapides, dont la pratique se contente la plupart du temps, en décrivant ensuite les méthodes plus exactes et plus complètes qui sont celles que l'on doit sans hésiter mettre en œuvre dans les laboratoires lorsqu'il s'agit de recherches scientifiques.

Instruments divers pour l'examen du lait. —

On a proposé à plusieurs reprises différents procédés d'analyse du lait et d'évaluation de la matière grasse fondées sur la plus ou moins grande opacité du liquide. Ce sont, par exemple, les pioscopes dans lesquels une goutte de lait est écrasée entre deux lames de verre, dont l'une est noircie et sert de fond. La goutte est examinée ensuite au point de vue de la teinte plus ou moins blanche; les lactoscopes de Donné, de Feser, de Reischauer, etc., au moyen desquels on évalue l'opacité du lait soit en faisant varier l'épaisseur d'une couche interposée entre une source lumineuse et l'œil de l'observateur, soit en étendant le lait d'une quantité d'eau suffisante pour qu'il devienne assez transparent et laisse apercevoir, sous une épaisseur constante, un objet ou une graduation placés de l'autre côté du liquide.

Ces instruments (1), aussi bien que le principe sur lequel ils reposent n'ont à nos yeux qu'une valeur si précaire que nous ne nous arrêterons pas à les décrire. Les lactoscopes peuvent tout au plus servir à suivre de loin, les variations de la lactation par suite des changements apportés dans la vie et dans la nourriture des vaches mais jamais on ne devra les adopter dans des recherches analytiques sérieuses.

Crémomètre et densimètre. — Parmi les méthodes d'examen pratiques du lait, les plus usitées sont certainement celles qui reposent sur l'emploi du crémomètre et du densimètre à cause de la simplicité même des moyens mis en œuvre.

(1) L'opacité d'un lait ou autrement dit la quantité de lumière absorbée par une épaisseur donnée de liquide n'est pas proportionnelle à l'épaisseur de la couche, c'en est une fonction exponentielle. En effet si E, la couche est divisée en n parties d'épaisseur e, la quantité de lumière dépassant la premiere couche sera mI, elle sera m^2I à la seconde et m^n I à la troisième; le principe des colorimètres ordinaires est inexact; on se trompe en supposant la coloration proportionnelle à l'épaisseur de la couche colorée.

Le crémomètre consiste en un tube ou une éprouvette cylindrique placée verticalement et recevant le lait que l'on abandonne à un repos absolu. Peu à peu, avec le temps, la crème monte et se rassemble à la partie supérieure, en couche plus ou moins épaisse. On admet que toute la crème se sépare ainsi et que l'épaisseur de la couche crémeuse est d'autant plus grande que le lait est plus riche. Une simple lecture donne alors la proportion de crème contenue, puisque le vase étant cylindrique, les hauteurs sont proportionnelles aux volumes des liquides.

Après 24 heures de repos, on lit sur l'éprouvette graduée à cet effet l'épaisseur de crème. L'expérience prouve bien vite que cette épaisseur n'est pas constante pour un même lait placé dans des conditions différentes de température.

Dans une éprouvette placée dans un endroit chaud, la proportion de crème est différente de celle que l'on aurait trouvée en conservant les vases à basse température. Les indications du crémomètre sont donc incertaines ; il faudrait, dans la pratique, ne se servir du crémomètre que comme appareil comparatif; envisagé à ce point de vue, son emploi peut être utile : il est évident que si l'on met dans différentes éprouvettes placées dans le même bain d'eau, divers échantillons de lait, les proportions de crème trouvées seront bien en rapport avec les richesses relatives de tous ces échantillons.

Le densimètre est un aréomètre ordinaire dont la graduation est maintenue entre les limites des densités les plus extrêmes des laits; l'aréomètre est gradué, par exemple, de 1025 à 1040 ou, comme on a l'habitude de le dire, de 25 à 40, la densité d'un lait normal variant de 31 à 33.

Ces densimètres sont en général construits avec peu

de soin, et leurs indications sont aussi vagues que celles de ces thermomètres à trop bon marché que l'on trouve dans le commerce.

D'autre part, la prise d'une densité par un densimètre est chose beaucoup plus difficile qu'on ne le croit généralement; outre les causes d'erreurs relatives à la tension capillaire, erreurs si bien mises en évidence par les travaux de M. Duclaux, il existe nombre d'incertitudes, et la plus à redouter est celle de l'inégale température des différents points du liquide dont on mesure la densité.

Le densimètre est donc, lui aussi, un instrument dont les indications sont incertaines, et l'emploi simultané du crémomètre et du densimètre dont les indications devraient théoriquement se compléter l'une par l'autre n'est même pas encore tout à fait à recommander.

On peut cependant dire que si l'on prend les hauteurs de crème des laits en expérience, tous les jours, dans les mêmes conditions de température, si l'on observe les mêmes précautions nécessaires pour la détermination d'une densité exacte, si l'on se sert, par exemple, des procédés de Quesneville, les résultats de ces deux observations peuvent être utiles à consulter. Le crémomètre donne, employé dans des conditions toujours identiques, la proportion moyenne de crème des vaches du pays considéré; un écart trop sensible avec la moyenne peut donner des soupçons et l'on peut alors s'en référer aux règles suivantes :

I. Peu de crème, faible densité : il est probable que le lait a été additionné d'eau.

II. Peu de crème, densité plus grande que la moyenne : il est probable que le lait a été écrémé. Comme vérification il est bon de prendre la densité du sérum. Si le

lait est pur et normal, cette densité doit aller progressivement en augmentant pendant le temps de montée de la crême.

En résumé, nous ne saurions reçommander ni l'un ni l'autre des instruments dont nous venons de parler, car leurs indications peuvent conduire l'observateur à des conclusions erronées.

Pèse-lait correcteur (figure I). — Cet appareil est basé sur l'inégale dilatation de l'eau et du lait. Chaque liquide a son coefficient de dilatation spécial qui le caractérise, et l'adjonction d'un liquide étranger apporte des perturbations qu'un instrument suffisamment sensible peu déceler. De nombreux appareils ont été construits d'après ces observations. Celui que nous décrivons est un des plus usités, un des mieux éprouvés, et consacré par de nombreuses applications dans les laiteries.

Cet appareil a la forme d'un densimètre ordinaire; seulement au bas du réservoir servant de flotteur se trouve une boule remplie de mercure : c'est le thermomètre dont la colonne par sa position dans le flotteur indique, en regard de la température, le chiffre qu'il faut ajouter ou retrancher de celui trouvé sur la tige plate qui termine la partie de l'instrument, suivant que cette température est au-dessus ou au-dessous de 15°, température pour laquelle le pèse-lait est construit.



FIG. I. — ÉCHELLE $\frac{1}{2}$.

La densité du liquide varie avec la température; les liquides chauds sont moins denses que les liquides froids. Pour obtenir une comparaison exacte, il faut ramener toujours la densité à une température fixe qui est généralement en France de 15° centigrades.

Mais il est rare que la température de 15° soit atteinte, c'est tantôt plus, tantôt moins. Sans table, au moyen de l'eau froide ou chaude, suivant la saison, on serait obligé de ramener le lait à essayer à 15°, ce qui est parfois difficile. Les tables, au contraire, permettent au besoin de rectifier la densité et de la rapporter à la température de 15°.

Dans le pèse-lait correcteur, cette table de correction est inscrite sur le papier placé dans le réservoir, les chiffres correcteurs sont en regard des degrés de température.

La tige plate de l'instrument porte deux échelles, dont l'une jaune sert pour le lait non écrémé, l'autre bleue sert pour le lait débarrassé de sa matière grasse.

Application du pèse-lait-correcteur à l'essai d'un lait. — Dans une éprouvette de 200 c. environ on verse le lait à essayer, après avoir eu le soin de le rendre homogène par une agitation suffisante.

On plonge avec précaution l'instrument dans le liquide en ne le laissant enfoncer que lentement : lorsqu'il est stationnaire, on exerce sur le haut de la tige une légère pression, afin que le lait mouille l'instrument un ou deux degrés au-dessus du point d'affleurement; puis on laisse l'appareil en repos.

On note alors le degré observé à l'échelle jaune.

Supposons qu'un lait marque 11° à l'échelle jaune (que nous désignerons sous le nom de degrés lactométriques jaunes), à 22° de température, on trouve, en regard du degré 22, le chiffre 7; celui-ci indique que si

le lait était à 15°, il serait plus lourd et s'enfoncerait par conséquent de 7 degrés de moins. La correction à faire subir est donc de 7° lactométriques, c'est-à-dire que 11° diminués de 7° donnent 4. Ce degré 4 indique que le lait contient 4 % d'eau au minimum.

Lorsque l'écart n'est que de 1 ou 2 degrés, le lait peut être considéré comme suffisamment pur, car cette différence peut être attribuée aux variations mêmes du lait normal, à moins que l'addition de l'eau n'ait remplacé l'écrémage.

En effet, le lait normal a une densité moyenne à peu près fixe. Commercialement, on a reconnu qu'en adoptant 1032 grammes à 15° pour densité moyenne du lait normal non écrémé, on était très rapproché de la vérité.

Si maintenant on laisse reposer le lait et qu'on l'écrème, la densité de la crème étant plus faible que celle du lait, la densité moyenne du liquide écrémé augmente; mais, par contre, si on ajoute de l'eau, on diminue à nouveau la densité et on peut même la ramener exactement à 1032 gr. ou à 0 de l'échelle jaune.

Pour atteindre cette limite, qui est la dernière, on voit qu'il faudra ajouter d'autant plus d'eau que le lait aura été plus écrémé; mais cette fraude est décélée nettement par le pèse-lait correcteur, et cela sans avoir besoin de mesurer la crème, dont le volume varie suivant la manière dont le lait a été préparé suivant sa température.

Pour cela il suffit d'emplir de lait une éprouvette spéciale à l'écrémage qu'on laissera reposer 24 heures à la cave, ou bien d'écrémer le lait au centrifuge à bras.

On plongera à nouveau l'instrument dans le lait écrémé en observant le degré à l'échelle bleue.

Dans l'observation des densités ramenées à 15°, il peut se présenter trois cas :

1° Lait écrémé sans addition d'eau.

Dans ce cas, le degré lactométrique à l'échelle jaune, lors de la première observation avant l'écrémage, est au-dessous de o, et cela d'autant plus que le lait aura été plus écrémé. L'écrémage rendant le lait plus dense, l'instrument plonge moins.

Dans ce cas la différence entre les deux observations indique l'écrémage par 1/10.

2° Lait non écrémé additionné d'eau.

Dans ce second cas, l'observation, après comme avant l'écrémage, est la même sur les deux échelles, et la différence avec le point o indique le pour cent d'eau ajouté.

3° Lait écrémé et additionné d'eau.

Ce lait rentre dans l'exemple que nous avons donné. Ainsi, un lait est d'autant plus écrémé que la différence entre les deux observations est plus grande. La deuxième observation, celle qui est faite sur le lait écrémé, indique la quantité d'eau ajoutée.

La pèse-lait correcteur n'est pas un appareil parfait, puisque les laits étant différents les uns des autres doivent nécessairement avoir des coefficients de dilatation différents ; les résultats ne sont qu'approximatifs, mais à peu près suffisants pour les recherches pratiques.

La température de 15° centigrades étant celle qui paraît la plus facile à obtenir dans nos régions tempérées, a été choisie comme point de départ des observations dans les tables ci-jointes. Pour en faire usage, on observe la température du liquide, le degré du densimètre, et on cherche la correction correspondante. Nous répétons qu'il ne faut pas s'imaginer trouver ainsi des résultats parfaitement exacts et qu'il est toujours préférable d'essayer de ramener la liqueur à la température de 15°.

TABLES DE CORRECTION DE DENSITÉS POUR LE LAIT NATUREL.

Degré de densité.	TEMPÉRATURE EN DEGRÉS CENTIGRADES.																				
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
14	12.9	12.9	12.9	13.0	13.0	13.1	13.1	13.1	13.2	13.3	13.4	13.5	13.6	13.7	13.8	14.0	14.1	14.2	14.4	14.6	14.8
15	13.9	13.9	13.9	14.0	14.0	14.1	14.1	14.1	14.2	14.3	14.4	14.5	14.6	14.7	14.8	15.0	15.1	15.2	15.4	15.6	15.8
16	14.9	14.9	14.9	15.0	15.0	15.1	15.1	15.1	15.2	15.3	15.4	15.5	15.6	15.7	15.8	16.0	16.1	16.3	16.5	16.7	16.9
17	15.9	15.9	15.9	16.0	16.0	16.1	16.1	16.1	16.2	16.3	164	16.5	16.6	16.7	16.8	17.0	17.1	17.3	17.5	17.7	17.9
18	16.9	16.9	16.9	17.0	17.0	17.1	17.1	17.1	17.2	17.3	17.4	17.5	17.6	17.7	17.8	18.0	18.1	18.3	18.5	18.7	18.9
19	17.8	17.8	17.8	17.9	17.9	18.0	18.1	18.1	18.2	18.3	18.4	18.5	18.6	18.7	18.8	19.0	19.1	19.3	19.5	19.7	19.9
20	18.7	18.7	18.7	18.8	18.8	18.9	19.0	19.0	19.1	19.2	19.3	19.4	19.5	19.6	19.8	20.0	20.1	20.3	20.5	20.7	20.9
21	19.6	19 6	19.7	19.7	19.7	19.8	19.9	20.0	20.1	20.2	20.3	20.4	20.5	20.6	20.8	21.0	21.2	21.4	21.6	21.8	22.0
22	20.6	20.6	20.7	20.7	20.7	20.8	20.9	21.0	21.1	21.2	21.3	21.4	21.5	21.6	21.8	22.0	22.2	22.4	22.6	22.8	23.0
23	21.5	21.5	21.6	21.7	21.7	21.8	21.9	22.0	22.1	22.1	22.3	22.4	22.5	22.6	22.8	23.0	23.2	23.4	23.6	23.8	24.0
24	22.4	22.4	22.5	22.6	22.7	22.8	22.9	23.0	23.1	23.2	23.3	23.4	23.5	23.6	23.8	24.0	24.2	24.4	24.6	24.8	25.0
25	23.3	23.3	23.4	23.5	23.6	23.7	23.8	23.9	24.0	24.1	24.2	24.3	24.5	24.6	24.8	25.0	25.2	25.4	25.6	25.8	26.0
26	24.3	24.3	24.4	24.5	24.6	24.7	24.8	24.9	25.0	25.1	25.2	25.3	25.5	25,6	25,8	26.0	26.2	26.4	26.6	26.9	27.1
27	25.2	25.3	25.4	25.5	25.6	25.7	25.8	25.9	26.0	26.1	26.2	26.3	26.5	26.6	26.8	27.0	27.2	27.4	27.6	27.9	28.2
28	26.1	26.2	26.3	26.4	26.5	26.6	26.7	26.8	26.9	27.0	27.1	27.2	27.4	27.6	27.8	28.0	28.2	28.4	28.6	28.9	29.2
29	27.0	27.1	27.2	27.3	27.4	27.5	27.6	27.7	27.8	27.9	28.1	28.2	28.4	28.6	28.8	29.0	29.2	29.4	29.6	29.9	30.2
30	27.9	28.0	28.1	28.2	28.3	28.4	28.5	28.6	28.7	28.9	29.0	29.2	29.4	29.6	29.8	30.0	30.2	30.4	30.6	30.9	31.2
31	28.8	28.9	29.0	29.1	29.2	29.3	29.5	29.6	29.7	29.8	30.0	30.2	30.4	30.6	30.8	31.0	31.2	31.4	31.7	32.0	32.3
32	29.7	29.8	29.9	30.0	30.1	30.3	30.4	30.5	30.6	30.8	31.0	31.2	31.4	31.6	31.8	32.0	32.2	32.4	32.7	33.0	33.3
33	30.6	30.7	30.8	30.9	31.0	31.2	31.3	31.4	31.6	31.8	32.0	32.2	32.4	32.6	32.8	33.0	33.2	33.4	33.7	34.0	34.3
34	31.5	31.6	31.7	31 8	31.9	32.1	32.2	32.3	32.5	32.7	32.9	33.1	33.3	33.5	33.8	34.0	34.2	34.4	34.7	35.0	35.3
35	32.4	32.5	32.6	32.7	32.8	33.0	33.1	33.2	33.4	33.6	33.8	34.0	34.2	34.4	34.7	35,0	35.2	35.4	35.7	36.0	36.3

TABLES DE CORRECTION POUR LE LAIT ÉCRÉMÉ.

Degré de densité.	TEMPÉRATURE EN DEGRÉS CENTIGRADES.																				
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
18	17.2	17.2	17.2	17.2	17.2	17.3	17.3	17.3	17.3	17.4	17.5	17.6	17.7	17.8	17.9	18.0	18.1	18.2	18.4	18.6	18.8
19	18.2	18.2	18.2	18.2	18.2	18.3	18.3	18.3	18.3	18.4	18.5	18.5	18.7	18.8	18.9	19.0	19.1	19.2	19.4	19.6	19.8
20	19.2	19.2	19.2	19.2	19.2	19.3	19.3	19.3	19.3	19.4	19.5	19.6	19.7	19.8	19.9	20.0	20.1	20.2	20.4	20.6	20.9
21	20.2	20.2	20.2	20.2	20.2	20.3	20.3	20.3	20.3	20.4	20.5	20.6	20.7	20.8	20.9	21.0	21.1	21.2	21.4	21.6	21.8
22	21.1	21.1	21.1	21.1	21.2	21.3	21,3	21.3	21.3	21.4	21.5	21.6	21.7	21.8	21.9	22.0	22.1	22.2	22.4	22.6	22.8
23	22.0	22.0	22.0	22.0	22.1	22.2	22.3	22.3	22.3	22.4	22.5	22.6	22.7	22.8	22.9	23.0	23.1	23.2	23.4	23.6	23.8
24	22.9	22.9	22.9	22.9	23.0	23.1	23.2	23.2	23.2	23.3	23.4	23.5	23.6	23.7	23.9	24.0	24.1	24.2	24.4	24.6	24.8
25	23.8	23.8	23.8	23.8	23.9	24.0	24.1	24.1	24.1	24.2	24.3	24.4	24.5	24.6	24.8	25.0	25.1	25.2	25.4	25.6	25.8
26	24.8	24.8	24.8	24.8	24.9	25.0	25.1	25.1	25.1	25.2	25.3	25.4	25.5	25.6	25.8	26.0	26.1	26.3	26.4	26.7	26.9
27	25.8	25.8	25.8	25.8	25.9	26.0	26.1	26.1	26.1	26.2	26.3	26.4	26.5	26.6	26.8	27.0	27.1	27.3	27.5	27.7	27.9
28	26.8	26.8	26.8	26.8	26.9	27.0	27.1	27.1	27.1	27.2	27.3	27.4	27.5	27.6	27.8	28.0	28.1	28.3	28.5	28.7	28.9
29	27.8	27.8	27.8	27.8	27.9	28.0	28.1	28.1	28.1	28.2	28.3	28.4	28.5	28.6	28.8	29.0	29.1	29.3	29.5	29.7	29.9
30	28.7	28.7	28.7	28.7	28.8	28.9	29.0	29.0	29.1	29.2	29.3	29.4	29.5	29.6	29.8	30.0	30.1	30.3	30.5	30.7	30.9
31	29.7	29.7	29.7	29.7	29.8	29.9	30.0	30.0	30.1	30.2	30.3	30.4	30.5	30.6	30.8	31.0	31.2	31.4	31.5	31.8	32.0
32	30.7	30.7	30.7	30.7	30.8	30.9	31.0	31.0	31.1	31.2	31.3	31.4	31.5	31.6	31.8	32.0	32.2	32.4	32.6	32.8	33.0
33	31.7	31.7	31.7	31.7	31.8	31.9	32.0	32.0	32.1	32.2	32.3	32.4	32.5	32.6	32.8	33.0	33.2	33.4	33.6	33.8	34.0
34	32.6	32.6	32.6	32.7	32.8	32.9	32.9	33.0	33.1	33.2	33.3	33.4	33.5	33.6	33.8	34.0	34.2	34.4	34.6	34.8	35.0
35	33.5	33.5	33.5	33.6	33.7	33.8	33.8	33.9	34.0	34.1	34.2	34.3	34.4	34.6	34.8	35.0	35.2	35.4	35.6	35.8	36.0
36	34.4	34.4	34.5	34.6	34.7	34.8	34.8	34.9	35.0	35.1	35.2	35.3	35.4	35.6	35.8	36.0	36.2	36.4	36.6	36.9	37.1
37	35.3	35.4	35.5	35.6	35.7	35.8	35.8	35.9	36.0	36.1	36.2	36.3	36.4	36.6	36.8	37.0	37.2	37.4	37.6	37.9	38.2
38	36.2	36.3	36.4	36.5	36.6	36.7	36.8	36.9	37.0	37.1	37.2	37.3	37.4	37.6	37.8	38.0	38.2	38.4	38.6	38.9	39.2
39	37.1	37.2	37.3	37.4	37.5	37.6	37.7	37.8	37.9	38.0	38.2	38.3	38.4	38.6	38.8	39.0	39.2	39.4	39.6	39.9	40.2

Le contrôleur du docteur Fjord. — Le docteur Fjord a eu le mérite de réaliser une idée de Lefeldt et de se servir de la séparation de la crème par la force centrifuge, précisément pour doser la proportion de cette crème.

Il suffit, en effet, de faire tourner un tube rempli de lait vite et longtemps pour écrémer presque à fond le

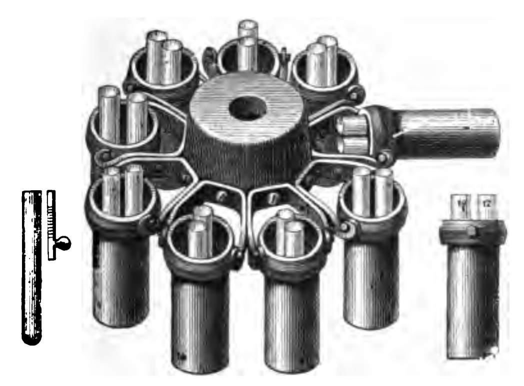


Fig. 2. — Contrôleur du Dr Fjord.

lait contenu ; la séparation s'effectue comme dans les écrémeuses centrifuges : le lait écrémé reste à la partie la plus éloignée de l'axe ou au fond du tube, et la crème se réunit nettement à la partie supérieure, c'est l'écrémage ordinaire pratiqué plus rapidement ; l'éprouvette du docteur Fjord n'est autre chose que le crémomètre vulgaire donnant plus rapidement et avec plus d'exactitude la quantité de crème contenue.

L'appareil consiste en une collection de petites éprouvettes de métal contenant un ou plusieurs tubes de verre fermés à une de leurs extrémités.

Les tubes de verre sont calibrés, choisis bien cylin-

driques, et l'on marque sur chacun d'eux un trait qui correspond à une distance donnée du fond.

Tous les tubes contiennent alors la même longueur de lait : on arrive pratiquement à les emplir de la quantité voulue de liquide en les remplissant d'abord complètement et plongeant ensuite dans les tubes un petit cylindre de fer-blanc tenu à la main par un manche.

Ce cylindre déplace une quantité déterminée de liquide qui coule alors à l'extérieur et n'entre plus en ligne de compte. Après cette opération, le lait affleure bien au trait marqué.

Chaque tube porte un numéro d'ordre qui est noté à côté des marques de l'échantillon sur un cahier spécial.

Les tubes de verre ainsi remplis sont ensuite placés dans des éprouvettes métalliques.

Ce sont des cylindres ou des boîtes divisés en compartiments par des cloisons mobiles qui déterminent le logement d'autant de tubes à lait : un ou deux dans les petits appareils, 4, 5, 7, 9 et jusqu'à 16 dans les grands modèles.

Ces cases sont construites en tôle galvanisée, frettées et solidement établies. Elles sont percées d'un ou plusieurs petits trous à la partie inférieure pour pouvoir communiquer librement avec le dehors et assurer une circulation ou un équilibre de l'eau dans laquelle on les plongera.

A la partie supérieure, ces caisses portent deux petites tiges horizontales en fer qui permettent de suspendre librement les boîtes lorsque les tiges faisant fonction de tourillons sont logées dans des encoches métalliques.

Les crochets qui reçoivent les tiges des boîtes sont assemblés en couronne autour d'une monture métallique qui s'emmanche sur l'arbre de l'écrémeuse Burmeister et Wain; la connexion est établie en remettant au-dessus

de la couronne un des deux écrous qui servent ordinairement à fixer le bol du centrifuge.

Ainsi établies, au repos, les caisses maintenues par leurs tourillons pendent librement suivant la direction de la verticale.

On répartit alors dans les différentes cases tous les tubes de verre remplis de lait, en s'arrangeant autant que possible à équilibrer les poids, en posant les tubes symétriquement en des points qui correspondent aux sommets de polygones réguliers ; ainsi s'il y a, par exemple, 12 tubes, on peut les répartir deux par deux en suivant les sommets d'un hexagone; si l'on a un nombre irrégulier de tubes à lait, on le complète par des tubes pleins d'eau qui servent à rétablir la symétrie.

Les choses étant ainsi disposées, on verse une certaine quantité d'eau tiède dans la turbine et l'on commence à donner lentement la rotation.

Peu à peu les tubes se redressent et tendent à prendre la position horizontale, tandis que l'eau se moule en cylindre de révolution autour de l'axe de l'appareil.

Il faut qu'il y ait assez d'eau pour que les tubes baignent à peu près jusqu'au niveau du liquide; les ouvertures ménagées dans le bas des caisses assurent une libre communication entre l'intérieur et l'extérieur, de sorte que le niveau de l'eau est le même partout.

On doit s'arranger de manière à ce que la température de l'eau, qui s'est refroidie au contact des objets qu'elle baigne, reste en moyenne de 30° à 32°. Pour cela elle doit avoir à peu près 40° quand on la verse.

A la température de 30°, l'écrémage se fait facilement. Pour faire ces essais dans de bonnes conditions de température, on peut recouvrir l'ouverture de l'écrémeuse avec un couvercle de bois, une simple boîte renversée.

On accélère la rotation de la turbine et on fait en sorte

d'arriver au chiffre de 1200 tours que l'on ne doit pas dépasser; on suit cette vitesse au moyen d'un compte-tours et l'on arrête le mouvement au bout de trois quarts d'heure, c'est-à-dire après 60000 révolutions.

Peu à peu les éprouvettes s'inclinent et elles reprennent leur position verticale lorsque tout mouvement a cessé; alors on retire les tubes de verre, et au moyen d'un petit curseur gradué, on mesure la hauteur de la crème séparée; cette hauteur divisée par la hauteur totale du tube donne la proportion de crème pour cent; un curseur fourni avec les contrôleurs donne immédiatement ces indications : on retirera du lait en expérience exactement cette même quantité de crème.

Cette manipulation est comme on le voit, de la plus grande simplicité dans la pratique, elle est rapide et peu coûteuse; on construit aujourd'hui des appareils contenant 12 boîtes de 16 tubes de verre, c'est-à-dire à l'aide desquels on peut faire 192 analyses à la fois.

Le premier ouvrier venu peut faire cette opération; il lui suffit de suivre les indications données pour la température et d'observer le compte-tours et la pendule.

Bien pratiquée et avec les instructions que nous venons de donner cette méthode du contrôleur Fjord fournit de bons résultats et c'est un appareil à recommander; mais il ne faut pas s'écarter des indications à suivre, car dans cette dernière hypothèse on retrouverait une partie des inconvénients du crémomètre vulgaire.

On est, en effet, avec ce contrôleur, placé entre plusieurs écueils : si la machine tourne trop vite, trop longtemps, ou à une température trop élevée, la crème se tasse et se comprime, son volume devient moindre ou sa hauteur dans le tube plus faible, par conséquent le taux pour cent diminue; on peut supposer, d'autre part, que si l'on n'a pas tourné assez longtemps ou que le mou-

vement ait été trop lent, toute la crème n'ait pas été séparée ou bien qu'elle soit restée *flou* dans le tube.

Ces considérations font ressortir la nécessité de la régularité de l'opération et on peut considérer les indications comme très utiles lorsque l'expérience est faite dans des conditions identiques.

En tout cas, les résultats sont bien comparatifs et l'on peut très bien admettre qu'un lait qui donne moitié moins de crème qu'un autre dans le contrôleur donnera aussi moitié moins de beurre dans la pratique industrielle.

Le contrôleur de Fjord ne donne pas en réalité le taux pour cent de matière grasse, mais il indique assez exactement le taux minimum de la crème que l'on pourra retirer par l'écrémeuse : un lait marquant 8 % par exemple au contrôleur donnera 8 % de crème au moins.

Le docteur Vieth a calculé le pour cent de beurre par rapport à la crème trouvée; nous donnons, à la page suivante, son tableau à titre de renseignement.

L'appareil Fjord n'est pas, à proprement parler, un butyromètre et les résultats de l'expérience ne sont réellement utiles qu'au praticien qui connaît la quantité de beurre qu'il retire en moyenne de la crème qu'il travaille; le contrôleur en un mot n'apprendrait pas grand chose à une personne quelconque essayant un lait quelconque, mais il est extrêmement utile dans une laiterie où l'on a appris à interpréter les résultats qu'il donne par rapport au travail courant.

Certains constructeurs n'envisageant cet essai au centrifuge que comme une opération destinée à établir des comparaisons ont imaginé des appareils plus simples mais moins sûrs que le contrôleur Fjord.

Le contrôleur Victoria, construit en Angleterre, se compose d'un plateau circulaire horizontal que l'on

APPAREIL DE CONTROLE DE FJORD.

CRÈME %.	BEURRE %.	CRÈME %.	BEURRE %.
9.0	5.0	5.4	3.45
8.8	4.9	5.2	3.4
8.6	4,8	5.0	3.3
8.4	4.7	4.8	3.2
8.2	4.65	4.6	3.1
8.0	4.6	4.4	3.0
7.8	4.5	4.2	2.9
7.6	4.4	4.0	2.85
7.4	4.3	3.8	2.8
7.2	4.2	3.6	2.7
7.0	4.1	3.4	2.6
6.8	4.05	3.2	2.5
6.6	4.0	3.0	2.4
6.4	3.9	2.8	2.3
6.2	3.8	2.6	2.25
6.0	3.7	2.4	2.2
5.8	3.6	2.2	2.1
5.6	3.5	2.0	2.0

peut animer d'une vitesse de 7 à 8,000 tours autour d'un axe vertical. Le mouvement est donné à la main par une manivelle et un système d'engrenages et de pignons.

Sur le plateau sont creusées des rainures dirigées suivant les rayons et terminées avant la circonférence extérieure; elles constituent des gouttières demi-cylindriques dans lesquelles on peut loger de petits tubes de verre gradués et remplis de lait. Il suffit de quelques centimètres cubes de liquide et ces tubes sont si étroits qu'ils ne coulent pas quoiqu'ils soient placés presque horizontalement. La rotation dure deux minutes et l'on opère à la température ambiante.

Les conditions, comme on le voit, sont moins nettement précisées que dans le contrôleur Fjord. Aussi le *Victoria* ne peut-il plus avoir la prétention d'être un analyseur; mais c'est un excellent appareil comparatif, son emploi est facile et rapide, et, comme tel, il peut encore rendre de réels services soit dans les laiteries, soit dans les contrôles de lait par la police dans les grandes villes.

Les essais centrifuges ont du reste toujours l'avantage non seulement de séparer la crème, mais d'isoler en outre certaines matières ajoutées frauduleusement dans les laits; les substances minérales ou les matières lourdes se précipitent au fond des tubes et l'aspect du sérum peut souvent mettre sur la trace de falsifications commises.

Les matières grasses se séparent sous l'influence des acides, l'on peut utilement faire servir la force centrifuge à l'agglomération des globules ainsi isolés; le beurre bien rassemblé peut alors être dosé en volume, c'est sur ces principes qu'est basée la construction du

Lactocrite de Laval. — Dans la méthode de do-

sage indiquée par de Laval, on traite le lait à chaud par son volume d'un mélange de 95 parties d'acide acétique avec 5 parties d'acide sulfurique pur.

On opère sur 10 centimètres cubes de lait.

Le nécessaire destiné à ces analyses contient pour faire ces mesures de 10 centimètres cubes des pipettes de verre assez curieuses et très pratiques.

Que l'on imagine une pipette ordinaire contenant exactement 10 centimètres cubes lorsqu'elle est complètement remplie; cette pipette est prolongée à la partie supérieure par une partie renflée, puis par un tube, celui que l'on met dans la bouche pour produire l'aspiration. Au trait de repère des 10 centigrammes est ménagée une petite ouverture que l'on bouche avec le doigt quand on veut remplir la pipette. Quand le liquide a dépassé le repère et pénétré dans le renflement ménagé dans le verre, on transporte la pipette toujours tenue à la bouche et l'on enlève seulement le doigt qui était placé sur la petite ouverture lorsque l'on veut faire produire l'écoulement.

On comprend que le liquide ne s'écoule qu'à partir de la petite ouverture et que, par conséquent, il en sort exactement 10 centimètres cubes; le surplus reste dans la boule et dans le tube d'aspiration.

Il est bien entendu que si l'on opère dans un laboratoire bien pourvu, il est toujours beaucoup plus commode et plus exact d'opérer avec des burettes graduées qu'avec les pipettes que nous venons de décrire, quelque ingénieuses qu'elles soient, car leur emploi fait toujours courir à l'opérateur le risque de se brûler grièvement la bouche avec l'acide acétique concentré, liquide des plus corrosifs.

On fait couler 10 centimètres cubes de lait et 10 centimètres cubes de l'acide acétique sulfurique dans un large

tube bouché à une extrémité et dont la capacité est d'environ 30 à 40 centimètres cubes.

On ferme la partie supérieure par un bouchon de caoutchouc portant un petit bout de tube de verre ouvert à ses deux extrémités.

Tous les gros tubes ainsi préparés sont placés dans un porte-tubes dont les cases sont numérotées pour pouvoir repérer les échantillons de lait. Puis on met le tout à chauffer dans un bain-marie dont on élève la température soit à la vapeur, soit mieux, à notre avis, par un chauffage direct. L'eau du bain-marie doit avoir environ 90°, elle est presque bouillante; on agite légèrement les tubes à lait de temps en temps pour bien mélanger les deux liquides et on les laisse chauffer pendant 8 à 10 minutes environ; le lait prend alors une teinte légèrement jaunâtre ou violacée.

On retire les tubes; en les examinant, on aperçoit que l'on n'a plus qu'une émulsion imparfaite ; des globules de matière grasse, beaucoup plus gros que les globules naturels sont isolés, flottent dans le liquide ou se rassemblent à la surface.

La force centrifuge les réunit très facilement. Pour l'appliquer, on laisse refroidir le liquide, environ jusqu'à 25° ou 30°, on l'agite pour le mélanger et on en remplit de petits dés un peu coniques et faits en cuivre nickelé. Chaque dé est recouvert d'un cône qui le ferme hermétiquement. Ce cône creux force le liquide à s'élever dans un tube capillaire gradué maintenu par une armature qui l'applique contre l'obturateur. Le bas du tube de verre ainsi que le bouchon conique sont un peu évasés en cône afin que tout le liquide remonte bien dans le tube et qu'il ne puisse s'en loger des portions immobiles dans le trajet.

Si l'on fait tourner ces tubes, le dé étant placé à la

partie la plus éloignée de l'axe, les globules butyreux

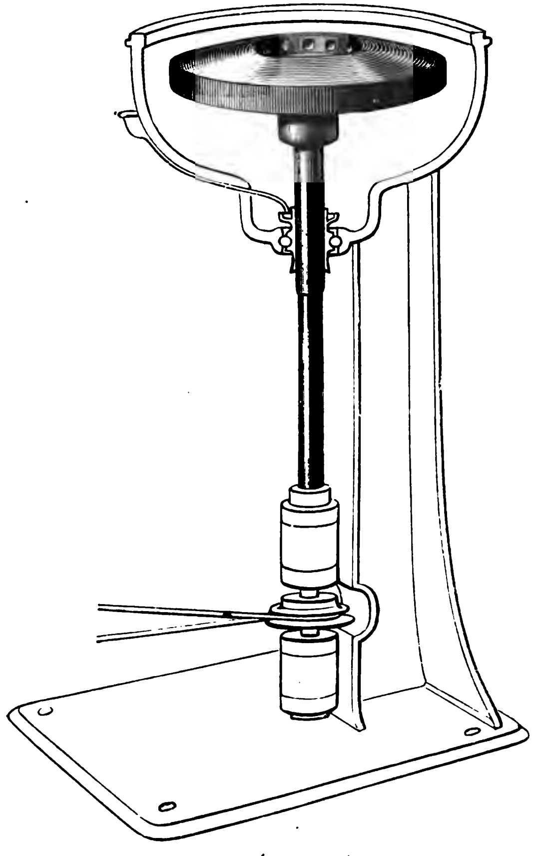


Fig. 3. — Échelle $\frac{1}{10}$.

plus légers se séparent peu à peu et se réunissent dans le tube capillaire.

Pour bien faire, ce turbinage doit être pratiqué à chaud, à une température de 35 à 40°, suffisante pour que le beurre reste à l'état de fusion.

La turbine construite pour cette manipulation consiste en un bloc d'acier tourné et évidé au centre; autour de la cavité ainsi ménagée sont percés des trous dirigés suivant le rayon et légèrement inclinés sur l'axe; c'est dans ces cavités cylindriques que l'on loge les tubes remplis du mélange de lait et d'acide que l'on vient de faire chauffer.

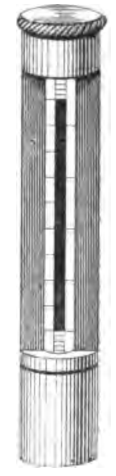


FIG. 4. TUBE CAPILLAIRE.

Le disque d'acier peut être animé d'un mouvement de rotation autour d'un axe vertical et on le fait tourner à raison de 2,400 tours soit à la main, soit par un moteur.

Huit à dix minutes suffisent pour déterminer une agglomération parfaite des globules de beurre si l'on a eu le soin de turbiner à chaud; pour cela on peut soit chauffer le disque d'acier en le trempant dans l'eau chaude, soit, bien mieux, en le recouvrant pendant quelque temps d'une plaque de fonte chauffée; il n'est pas du tout nécessaire d'arriver à un point de température exact; il suffit seulement qu'à la température de l'expérience, le beurre soit à l'état liquide. Lorsque l'on a arrêté la turbine, on retire les tubes nickelés et on voit dans le tube capillaire une colonne ou une ligne seulement translucide et non transparente qui se distingue avec facilité du liquide qui la touche.

Cette colonne est composée du beurre séparé. Sur la graduation tracée préalablement, on lit la proportion de beurre pour cent.

Si, par faute, on avait rempli les dés à une température trop élevée, il se pourrait que par le refroidissement,

tout le liquide fût rentré dans l'intérieur : le tube capillaire apparaît vide, mais on y fait pénétrer la colonne de beurre en plaçant tout le tube dans de l'eau tiède.

Tous les détails de la manipulation et de l'appareil ont été étudiés avec le plus grand soin par l'ingénieur de Laval : la turbine ou le lactocrite est très bien établi au point de vue mécanique; le disque d'acier tourne dans une enveloppe en fonte que l'on peut fermer par un couvercle.

Ainsi renfermé, le disque d'acier se refroidit peu pendant la durée d'une manipulation et si l'on a bien opéré, la lecture de la quantité de beurre peut se faire aussitôt.

Le lactocrite n'est pas d'un maniement difficile. Un aide arrive assez vite à s'en servir et les résultats sont de tous points excellents.

Il est possible de faire douze analyses à l'heure avec une dépense presque insignifiante.

Aucune méthode ne nous paraît offrir au même degré ces précieux avantages, et l'emploi du lactocrite est tout à fait à recommander.

On a reproché à cette méthode l'emploi d'acides dangereux dans une laiterie. Cette objections n'a aucune valeur. Rien n'empêche et tout conseille au contraire d'établir le lactocrite dans une chambre spéciale et non dans la laiterie même.

L'avantage immense du lactocrite est de donner le beurre isolé, en nature et visible; on peut donc savoir immédiatement quelle sera la quantité de beurre à retirer d'un lait donné. Le prix de cet appareil reste malheureusement élevé, mais le fait se comprend si l'on veut réfléchir aux difficultés mécaniques qu'il y a à établir un appareil lourd tournant à ces grandes vitesses.

Passons maintenant à l'étude des procédés de dosage de la matière grasse par des méthodes chimiques.

Lacto-butyromètre de Marchand (1). — Il consiste en un tube fermé à l'une de ses extrémités, et divisé en trois parties d'égale capacité, qui peuvent être chacune de 10^{cc} à 15^{cc}; la troisième ou la plus rapprochée de l'ouverture est divisée, pour les trois dixièmes supérieurs, en dix parties ou centièmes, qui constituent les degrés de l'instrument. Elle sont sur l'appareil *Marchand* marquées des lettres L, E; A.

On remplit la partie inférieure L de lait à essayer (ordinairement 10^{cc}), mêlé d'une goutte de soude caustique liquide à 36° (lessive des savonniers); on agite et l'on verse dans la deuxième partie E un volume d'éther égal à celui du lait; on agite de nouveau, puis on achève de remplir le tube jusqu'en A avec de l'alcool à 86° ou à 90°. On mélange de nouveau toute la masse liquide, et l'on plonge l'instrument, fermé par un bouchon, dans un bain-marie muni d'un thermomètre et chauffé à + 43° environ; bientôt la matière grasse du lait se rassemble à la surface du liquide en entraînant un peu d'éther; on lit alors les degrés ou divisions qu'elle occupe.

En outre de cette couche butyreuse, la masse du liquide retient, selon Marchand, une combinaison à proportion constante de beurre et d'éther, qui est de 0^{gr}.126 pour 10^{cc} de lait, et que l'on doit ajouter à la quantité qui existe dans la dissolution éthérée surnageante.

Marchand a dressé une table qui indique les proportions de beurre correspondant à chaque degré de l'instrument pour tous les degrés compris de 0 à 32°; et comme chaque degré est divisé en 10 parties, la table renferme 120 résultats numériques qui suffisent, et bien au delà, pour tous les essais.

(1) Baudrimont, *Dictionnaire des falsifications.*

Si l'on admet comme constante la combinaison du beurre et de l'éther, ainsi que la quantité de beurre dissoute dans la liqueur aqueuse, on peut se passer de cette table et titrer le lait à l'aide de la formule : $x = n \times 2^{gr},33 + 12,6$ dans lequel x est le titre cherché ou la quantité de beurre contenue dans un litre de lait, n le nombre de degrés qu'il marque au lacto-butyromètre. Le coefficient 2,33 est la quantité en grammes de beurre existant dans chaque degré de l'instrument; le coefficient 12,6 est la quantité qui reste en dissolution dans le liquide aqueux, le tout rapporté à un litre, c'est-à-dire en supposant que l'essai ait été fait sur un litre. Si, par exemple, le lait examiné donne 10° au butyromètre, on a : $x = 10 \times 2,33 + 12,6 = 35^{gr},9$ de beurre par litre; si $n = 0$, on a $x = 12,6$; c'est-à-dire que, lorsque le lait ne marque aucun degré à l'instrument, il donne encore $12^{gr},6$ de beurre par litre; mais un pareil lait doit être rejeté de la consommation et considéré comme falsifié.

M. Mehu a modifié le procédé butyrométrique de Marchand, en substituant l'acide borique à la soude caustique. Cet acide aurait l'avantage, suivant cet expérimentateur, d'éviter la saponification partielle de la matière grasse, tout en facilitant le dépôt de la caséine en flocons d'une extrême ténuité. M. Mehu se sert d'éther pur et d'alcool à 90° saturé à froid d'acide borique cristallisé. Il opère ensuite dans le butyromètre Marchand, en suivant la marche ordinaire, et sur du lait rendu homogène par une agitation suffisante.

Le lacto-butyromètre de Marchand ne donne pas des résultats parfaitement exacts mais il est d'un emploi commode, rapide et ces avantages d'une manipulation simple l'ont fait conserver dans la pratique. En Allemagne, on lui a fait subir quelques modifications de détails et on l'emploie très fréquemment.

Procédé R. Lezé (fig. 5 et 6).—Ce procédé est fondé sur l'action sur le lait, de l'acide chlorhydrique qui est un excellent dissolvant de la caséine en suspension. Les globules butyreux nageant alors dans un liquide d'une fluidité plus grande, montent avec facilité à la surface et se rassemblent en s'agglomérant sous forme de beurre si la température est légèrement élevée. L'opération se fait dans un ballon de 3 à 500 centimètres cubes dont le col allongé a été gradué en centimètres cubes et dixièmes.

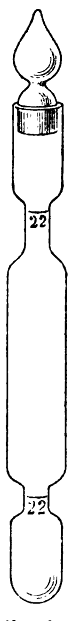


Fig. 5.

On commence par préparer le mélange de lait et d'acide chlorhydrique dans des flacons spécialement construits pour cet usage. On verse dans le flacon jusqu'à un premier point de repère une quantité de lait qui correspond à 18 centimètres cubes pour les laits assez riches en matière grasse, ou à 36 autre repère sur un autre flacon si le lait est écrémé ou maigre, puis on ajoute 100^{cc} d'acide chlorhydrique qui sont mesurés par des traits 136 ou 118 marqués sur la partie supérieure de la bouteille. On ferme avec un bouchon à l'émeri et on agite ensuite l'acide et le lait jusqu'à ce que les flocons de caséine soient redissous et que l'ensemble soit liquide et homogène. Il n'y a aucun inconvénient à conserver ce mélange un temps quelconque : on peut faire l'analyse huit jours après si on le désire, et dans ce cas l'action de l'acide commence à froid, mais elle est très lente. On active singulièrement la réaction en chauffant le mélange; pour cela on le verse dans le ballon dont nous avons parlé (fig. 6) et on dépose le vase sur un bain de sable chaud ou mieux dans un bain-marie. Il faut éviter

l'ébullition et chauffer seulement jusqu'à 70° ou 80°.

Le liquide devient d'abord rosé, puis il brunit ; lorsque toute la masse est de couleur sombre, on aperçoit à la surface les gouttelettes huileuses déjà nettement détachées. Elles s'agglomèrent avec la plus grande facilité si l'on sature l'acide par de l'ammoniaque étendue de moitié d'eau. Il faut avoir soin de n'ajouter l'alcali que par petites portions à la fois, car le mélange s'échauffe beaucoup et il pourrait y avoir des projections.

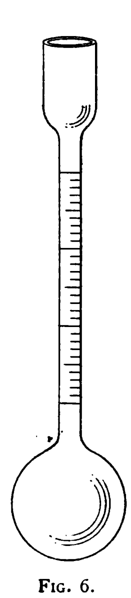


Fig. 6.

Lorsque la saturation est terminée, ce que l'on reconnaît par exemple à l'aide du papier de tournesol, ou simplement par des dosages préalables qui fixent la quantité d'ammoniaque à employer, on ajoute de l'eau chaude en proportion telle, que le niveau du liquide atteigne à peu près le haut de la graduation du ballon : le beurre se rassemble immédiatement, il est liquide et d'une belle couleur jaune ambrée.

On lit le nombre de centimètres cubes qu'il occupe et ce volume divisé par 2 ou par 4 selon que l'on a pris 18 centimètres cubes ou 36 de lait, représente le poids du beurre par 10^cc ou par litre en multipliant par 100.

La diminution d'un dixième dans le mesurage du lait 18^cc au lieu de 20, 36 au lieu de 40, est précisément destinée à passer du volume du beurre à son poids, la densité du beurre étant 0,90 environ à la température de la fusion.

En effet désignons un volume de lait par V et par v le volume de beurre que contiennent les $\frac{9}{10}$ V.

$\frac{9}{10}$ V contiennent v et en poids $\frac{9}{10}$ V contiennent $\frac{9}{10}$ v donc V contient v en poids.

Ce procédé donne des résultats suffisants pour la pratique, il peut indiquer la quantité de beurre à 3 ou 4 grammes près par litre; ce n'est pas là la précision d'une analyse chimique tant s'en faut, mais dans l'industrie on peut s'en contenter et adopter ce procédé qui est rapide, commode et peu coûteux.

Galactomètre du docteur Adam (1). — Ce petit appareil, commode, facile à manier, permet d'analyser assez rapidement un échantillon de lait avec une approximation très suffisante.

Pour ce genre d'opération, les réactifs nécessaires sont les suivants :

1° De l'eau distillée; 2° de l'acide acétique à 15 p. 100; 3° de l'éther pur à 65; 4° une liqueur normale ainsi constituée :

Alcool à 75° ammoniacal.	100 volumes.
Éther pur à 65.	110

Appareil. — La figure 7 représente l'appareil réduit aux deux tiers.

Sa capacité totale doit être de 50 à 55 centimètres cubes.

A. Bouchon de caoutchouc ou de liège très fin, parfaitement ajusté et coupé en biseau inférieurement.

B. Boule supérieure partagée vers son milieu par un trait jaugeant 32 centimètres cubes à partir du robinet.

b. Boule inférieure séparée de la précédente par un col étroit sur lequel est un trait jaugeant 10 centimètres cubes à partir du robinet.

(1) Baudrimont, *Dictionnaire des falsifications.*

Cette boule s'effile inférieurement en une tubulure étroite terminée par un robinet bien rodé, très doux et parfaitement étanche.

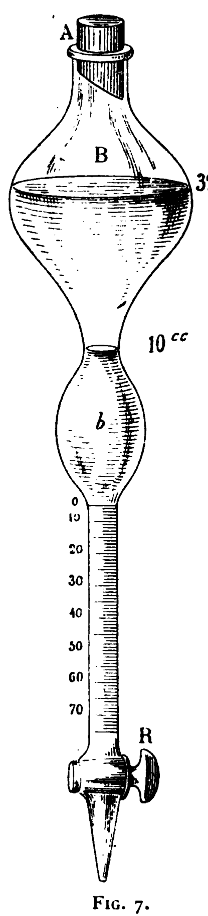


FIG. 7.

La tubulure porte un trait supérieur 10°, et un inférieur marqué 70°. L'espace compris entre ces deux limites a une capacité de $0^{cc},80$ divisée en 70 degrés, dont chacun représente un gramme de beurre par litre de lait.

L'opération comprend trois temps : 1° mélange; 2° séparation; 3° dosage.

Mélange. — On introduit dans l'appareil 10 centimètres cubes de lait, de la manière suivante :

Le robinet préalablement graissé avec soin et ouvert, est plongé par son extrémité dans le lait bien mélangé et contenu dans un vase à large ouverture. On fait monter doucement, par aspiration, ce liquide jusqu'au trait 10 centimètres cubes ou un peu au-dessus. On ferme le robinet, on l'essuie; puis on l'entr'ouvre légèrement, pour laisser écouler l'excès. On a ainsi, entre le robinet et le trait, 10 centimètres cubes de lait exactement mesurés.

On verse alors, par l'ouverture supérieure de l'appareil, la liqueur normale jusqu'au trait 32 centimètres cubes. On bouche hermétiquement

et solidement, puis on retourne l'appareil de manière à faire passer tout le liquide dans la grande boule où le mélange s'accomplit. On répète cette manœuvre jusqu'à ce qu'on ait obtenu une liqueur parfaitement homogène, et que les parois de l'appareil soient bien nettes.

On place alors l'appareil sur un support ou sur une éprouvette, et on le laisse au repos pendant cinq minutes. Après ce temps, la séparation est complète; le liquide est partagé en deux couches : l'une supérieure et limpide contenant le beurre; l'autre inférieure, opaline renfermant tous les autres principes.

De plus, le conduit de la clef du robinet et la portion effilée située au-dessous sont obstrués par une petite quantité de lait qu'il faut éliminer.

A cet effet, on commence par ôter le bouchon de l'appareil; puis on entr'ouvre avec précaution le robinet. Le lait, plus dense que le liquide intérieur, se laisse déplacer par lui sans s'y mélanger.

Lorsque la séparation est ainsi bien complète, la liqueur inférieure est soutirée à un demi-centimètre près dans une éprouvette graduée ou dans un vase jaugeant exactement 100 centimètres cubes. On donne à l'appareil, solidement rebouché, une ou deux secousses; on le roule vivement entre les deux mains et on laisse reposer.

Il se reforme inférieurement une nouvelle colonne, opaline que l'on réunit à la première. En répétant une ou deux fois cette manœuvre, sans jamais laisser le liquide clair s'engager dans le robinet, on arrive à une séparation complète des deux couches.

On verse alors dans l'appareil de l'eau distillée jusqu'au trait 32 centimètres cubes de la grande boule, en prenant soin de la faire couler doucement de façon à ce qu'elle ne tombe pas directement dans la liqueur in-

térieure, mais s'étale en nappe sur les parois de l'appareil que l'on fait tourner lentement dans la main gauche pendant l'addition d'eau.

Grâce à ces précautions très simples, on évite tout trouble. L'eau, chargée des matières enlevées aux parois et parfaitement limpide, occupe la partie inférieure de l'instrument, surnagée par le liquide butyreux.

On laisse reposer cinq minutes, afin que la dissolution soit complète; on soutire avec précaution cette eau, que l'on réunit à la première liqueur recueillie dans l'éprouvette; on additionne ce mélange aqueux de 2 à 3 centimètres cubes d'acide acétique à 15 p. 100; on parfait le volume de 100 centimètres cubes, un peu fort, avec de l'eau distillée; on agite vivement avec une baguette de verre jusqu'à ce qu'on voie les flocons de caséine nager dans le liquide clair; on couvre et on met à part.

A ce moment il ne reste dans l'appareil que la solution éthéro-alcoolique de beurre et une faible quantité d'eau engagée dans le robinet. Si l'on veut faire immédiatement le dosage par la pesée, il suffit d'éliminer cette eau, de recueillir la solution butyreuse dans une capsule tarée et de procéder à l'évaporation comme il sera dit plus loin, c'est le meilleur procédé.

Si, au contraire, on veut faire le dosage volumétrique, on fera suivre le lavage à l'eau d'un traitement par l'acide acétique à 15 p. 100 qui s'effectue comme il suit :

On verse avec les précautions déjà indiquées pour l'eau, de cet acide dilué jusqu'au trait 32 centimètres cubes de la boule supérieure; on laisse éclaircir, s'il y a lieu, et cette première portion d'acide est rejetée. On en remet alors une seconde dose égale à la première, et l'appareil est plongé dans un bain dont on élève lentement

la température jusqu'à 75°. A ce moment, la matière grasse figure à la surface du liquide acide un anneau oléagineux.

On retire l'appareil du bain; on ouvre avec précaution le robinet pour laisser écouler lentement le liquide aqueux. Le beurre descend dans la tubulure graduée et donne un premier chiffre très fort, il n'est pas encore à l'état de pureté parfaite car il contient de l'éther.

On verse pour la troisième fois 2 à 3 centimètres cubes du même acide, de manière à ne faire remonter le beurre que jusqu'à la partie moyenne de la petite boule *b*, et l'on replace l'appareil dans le bain, dont on élève et maintient la température à 85°, 90°, jusqu'à ce que le beurre ait acquis une limpidité parfaite, indice de sa pureté et de son homogénéité. Alors seulement, il est permis de conclure de son volume à son poids.

A cette température, le robinet refuse généralement de fonctionner : il ne faut pas forcer, mais laisser refroidir quelques secondes. Il est alors facile de l'entr'ouvrir doucement et de faire arriver le beurre dans la tubulure graduée.

Avant d'effectuer la lecture, on reporte l'appareil dans le bain, qu'on amène à + 80°, soit par un refroidissement spontané soit par addition d'eau froide. Au bout de cinq minutes l'équilibre de température s'est établi, et on lit de haut en bas sur l'échelle le nombre des divisions occupées par le beurre et dont chacune représente un gramme de ce corps par litre de lait, calculé sur sa densité maxima égale à 0, 875 à cette température. Si, par exemple, le beurre occupe 40 divisions, c'est que le lait en contient 40 grammes par litre, résultat qui pourra être vérifié en recueillant le beurre liquéfié à 60° comme il va être dit.

Pesée du beurre et contrôle de la butyrométrie par la

balance. — Pour opérer rapidement et sûrement la pesée du beurre, il importe de le débarrasser, avant de le soumettre à l'évaporation, des dernières traces d'eau ou d'acide. Pour y parvenir, on laisse se rassembler le peu de liquide restant. Quand la petite colonne qui s'en est reformée n'augmente plus de hauteur, on entr'ouvre très légèrement le robinet et on le referme au moment où la colonne butyreuse, chassant devant elle les dernières traces du liquide aqueux est descendue à un millimètre de l'ouverture inférieure de l'appareil. Enfin ce dernier millimètre est encore soustrait en appuyant le doigt ou un papier à filtre sur l'ouverture. »

Toutes ces précautions, plus longues à décrire qu'à observer, ont pour but d'abréger l'évaporation des liquides volatils et l'isolement du beurre.

Lorsqu'on a ainsi éliminé toute trace d'humidité, on laisse écouler le contenu de l'appareil dans une petite capsule de porcelaine à fond plat, tarée d'avance. On rince l'intérieur de l'appareil à deux reprises, en employant 2 centimètres cubes d'éther à chaque fois et faisant participer le bouchon au lavage. Cet éther est réuni au beurre déjà recueilli dans la capsule et l'on procède à l'évaporation. Celle-ci s'exécute, soit à l'étuve, soit au bain-marie, très peu chauffé, soit enfin à la température ambiante en abandonnant la capsule à l'évaporation spontanée.

L'évaporation est complète lorsque la capsule ne donne plus ni l'odeur de l'éther ni celle de l'acide acétique. Il est toujours plus sûr de la terminer à l'étuve à + 100°, quand on dispose de cet appareil.

Le procédé d'Adam est d'un usage commode et les indications sont exactes; il est d'une manipulation plus délicate que le procédé que nous avons indiqué, mais les résultats de l'analyse sont obtenus avec une approximation plus grande.

Méthode aréométrique du docteur Fr. Soxhlet. — Cette méthode est basée sur les principes suivants :

Lorsqu'on agite ensemble des quantités déterminées

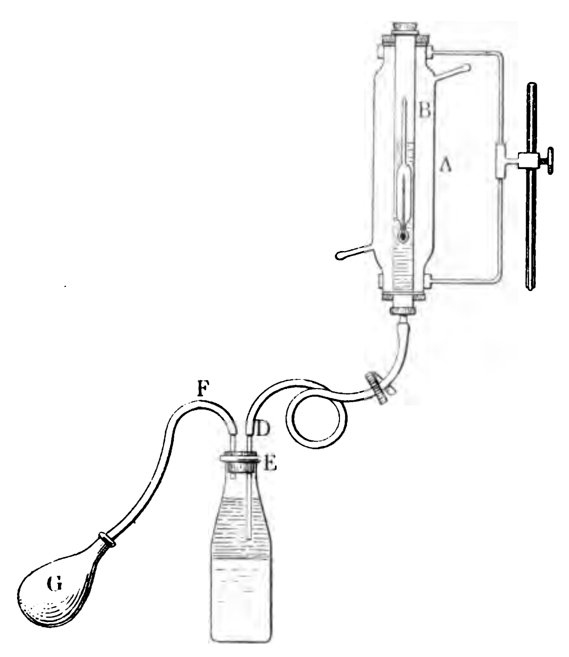


FIG. 8. — ARÉOMÈTRE SOXHLET.

de lait, de solution de potasse et d'éther, le beurre se dissout complètement dans l'éther et se rassemble à la surface sous forme d'un liquide parfaitement transparent. Une petite portion d'éther, ne contenant pas de graisse, reste dissoute dans la couche sous-jacente. Cette portion d'éther est très constante dans certaines

limites. Le reste de l'éther forme avec le beurre une solution d'autant plus concentrée que celui-ci est plus abondant dans le lait. Le degré de concentration de cette solution et par suite, la quantité de beurre qu'elle renferme, peut s'obtenir au moyen de la densité, et cela aussi exactement que l'on peut connaître la quantité d'eau contenue dans l'alcool en se servant de l'alcoomètre; car, entre les densités du beurre et de l'éther, la différence est aussi grande qu'entre celles de l'eau et de l'alcool.

Dispositions nécessaires pour l'exécution de la méthode. — 1° Un appareil pour la recherche de la densité, plus trois tubes gradués pour mesurer le lait, la potasse et l'éther, et plusieurs bouteilles pour agiter.

2° Une solution de potasse d'une densité de 1,26 à 27. On la prépare en dissolvant 400 grammes de potasse caustique dans un 1/2 litre d'eau et en ajoutant de l'eau jusqu'au litre après le refroidissement; ou bien on met en contact 400 grammes de potasse caustique avec 870 grammes d'eau.

3° De l'éther aqueux (saturé d'eau). On agite vigoureusement et à plusieurs reprises de l'éther du commerce avec 0,1 ou 0,2 de son volume d'eau, puis on soutire l'éther.

4° De l'éther ordinaire.

5° Un vase d'au moins 4 litres de capacité contenant de l'eau, qu'il faut porter à la température de 17 à 18° centigrades. Si l'on veut faire plusieurs essais à la fois, le vase doit être plus grand. Suivant que la température de la pièce est élevée ou basse, on prend pour température initiale 17 ou 18 degrés (1).

Mode d'exécution. — On agite le lait à froid et on

(1) QUESNEVILLE, *Moniteur scientifique*, année 1881.

l'amène à la température de 17° 1/2 centigrades (17-18°) en l'échauffant ou en le refroidissant.

On mesure 200 centimètres cubes de ce lait, en l'aspirant dans la grande pipette jusqu'au trait marqué; on fait couler cette quantité dans l'une des bouteilles de 300 centimètres cubes de capacité et on souffle dans la pipette afin de la vider complètement.

On mesure de même 10 centimètres cubes de solution de potasse avec la petite pipette; on les verse dans le lait, on agite avec soin et on ajoute 60 centimètres cubes d'éther aqueux, que l'on mesure à l'aide de la pipette correspondante.

Au moment où on le mesure, l'éther doit avoir une température de 16°5 — 18°5 centigrades. La bouteille ayant été fermée avec un bouchon de liège ou mieux de caoutchouc, on l'agite vigoureusement pendant une demi-minute et on la place dans le vase contenant de l'eau à 17-18 degrés; on agite très doucement pendant un quart d'heure et, donnant trois ou quatre secousses dans la direction verticale; puis on laisse reposer un quart d'heure. Au bout de ce temps, une couche transparente s'est rassemblée à la partie supérieure de la bouteille. On accélère la formation de cette couche en imprimant vers la fin un léger mouvement de rotation au liquide.

Il importe peu que tout le beurre se soit réuni à la surface ou qu'il n'y en ait qu'une partie seulement, pourvu que l'aréomètre puisse surnager, mais la solution doit être parfaitement limpide. Lorsque le lait est très riche en beurre, la séparation dure plus d'un quart d'heure; quelquefois, mais exceptionnellement, une ou deux heures. Dans ce cas, il est bon de coucher horizontalement les bouteilles; les gouttelettes adipeuses ont alors moins de chemin à faire pour arriver à la surface, ce qui favorise

d'autant la formation de la couche de matière grasse.

En redressant les bouteilles, on aura soin de leur imprimer un léger mouvement de rotation.

Pour l'intelligence des manipulations suivantes, nous allons décrire l'appareil figuré ci-contre et destiné à déterminer la densité de la solution de beurre dans l'éther.

Sur un pied vertical est fixé un support servant à maintenir le tube réfrigérant A aux orifices d'écoulement duquel sont adaptés de courts tubes de caoutchouc. Ce support peut glisser le long du pied vertical au moyen d'un anneau ; il est, en outre, mobile autour d'un axe horizontal, de sorte que le tube peut prendre une position quelconque.

Au centre du tube réfrigérant se trouve un tube de verre B, plus large de 2 millimètres que le flotteur de l'aréomètre qu'il est destiné à recevoir ; il porte fixées au fond, trois pointes dirigées en dedans, qui servent de guide à l'aréomètre.

L'orifice du tube peut être fermé par un bouchon quelconque. L'aréomètre C porte sur sa tige une échelle où sont marqués des degrés et des demi-degrés, depuis 66 jusqu'à 43, qui correspondent aux densités de 0,776 à 0,743, à 17°5 centigrades.

Dans le flotteur de l'aréomètre se trouve un thermomètre divisé en cinquièmes de degré centigrade. A la partie rétrécie du tube B qui traverse le fond du réfrigérant A est fixé, par l'intermédiaire d'un tube de caoutchouc, un tube de verre D recourbé à angle droit. Ce tube s'engage dans un bouchon perforé que traverse aussi un second tube recourbé F. Le tube de caoutchouc peut être fermé à l'aide d'une vis de pression.

Le pied vertical porte en même temps les trois tubes pour mesurer le lait, la potasse et l'éther.

Voici maintenant comment on se sert de cet appareil :

On plonge dans le vase rempli d'eau le tube de caoutchouc fixé au tube d'écoulement latéral inférieur du réfrigérant; on aspire par le tube de caoutchouc supérieur jusqu'à ce que l'intervalle laissé par l'éprouvette B se remplisse d'eau, puis on ferme, en réunissant les bouts des deux tubes, au moyen d'un tube de verre.

On retire le bouchon de la bouteille à agiter, on le remplace par le bouchon E et on enfonce le long tube recourbé de manière que son extrémité arrive près de la limite de la couche d'éther; après avoir introduit le petit soufflet en caoutchouc dans le tube recourbé F et soulevé le bouchon du tube C, on desserre la vis de pression et l'on presse très-doucement le ballon de caoutchouc G. La solution adipeuse monte dans le tube B et soulève l'aréomètre; dès que celui-ci flotte on serre la vis de pression et on enfonce le bouchon du tube B pour empêcher l'évaporation de l'éther.

On attend une ou deux minutes pour laisser la température devenir uniforme et on lit le niveau sur l'échelle graduée. Pour faire cette lecture, on amène, autant que possible, l'instrument au centre du liquide en inclinant convenablement le tube réfrigérant.

On lit le degré qui coïncide avec la partie moyenne de la courbe inférieure du ménisque, et on obtient facilement des dixièmes de degré : c'est une approximation très suffisante.

Il faut tenir compte ici de la température de la solution d'éther. A cet effet on observe le thermomètre qui se trouve dans le flotteur, un peu avant ou après la lecture du degré de l'aréomètre. Si la température est de 17°5, l'indication de l'aréomètre est exacte; dans le cas contraire, il faut ramener la densité observée à celle qui correspond à 17°5, ce qui se fait très facilement.

Pour chaque degré au-dessus de 17°5, on ajoute

1 degré au nombre marqué par l'aréomètre, pour chaque degré au-dessous de 17°5, on diminue ce nombre de 1 degré.

Exemple : on lit 58°9 à 16°8 centigrades : nombre de degrés véritable, 58°2.

On lit 47°6 18°4 : degrés rapportés à la température normale, 48°5.

La température de l'eau réfrigérante doit osciller entre 16°5 et 18°5.

La densité à 17°5 étant connue, on trouve directement, au moyen de la table ci-après la proportion du beurre exprimée en centième du poids du lait.

L'essai terminé, pour mettre l'appareil en état de pouvoir servir à l'essai suivant, on retire le bouchon de liège de la bouteille à agiter et on y fait refluer la solution adipeuse.

On remplit ensuite le tube C avec de l'éther ordinaire, qu'on laisse écouler également, puis on dessèche toutes les parties de l'appareil en y envoyant un fort courant d'air à l'aide du soufflet de caoutchouc fixé à la longue branche du tube D.

Pendant cette opération, on incline le réfrigérant dans divers sens, afin de déplacer le flotteur.

La recherche de la densité, y compris le nettoyage de l'appareil, ne dure qu'une dizaine de minutes.

Par ce mode de nettoyage on prévient l'objection de la fragilité de l'aréomètre, car on n'a jamais besoin de le retirer de l'appareil.

Pour introduire l'aréomètre une première fois, on remplit le tube C aux trois quarts avec de l'éther, on y place l'instrument, puis on procède comme pour le nettoyage. Le beurre exigeant une demi-heure pour se déposer, un essai ne peut être terminé avant quarante ou quarante-cinq minutes; néanmoins on peut exécuter

cinq essais en une heure, si on les entreprend simultanément.

Cette méthode est donc assez expéditive. Elle est, à ce qu'il paraît, suffisamment exacte, mais l'appareil ne peut être mis qu'entre les mains d'opérateurs habiles et expérimentés. Nous l'avons vu souvent employer en Allemagne et avec succès; en France, il s'est, croyons-nous, peu répandu; il nous a toujours semblé trop compliqué et d'un maniement trop délicat. Voir tableau page suivante.

Procédé Quesneville. — Le docteur Quesneville a publié, sur l'analyse physique du lait, le résultat de conceptions ingénieuses et de travaux longtemps poursuivis. Son but était de trouver une méthode permettant de déduire la composition chimique du lait de quelques opérations simples et des plus faciles à exécuter (1).

L'auteur commence par se préoccuper de déterminer la densité d'un liquide avec exactitude par l'emploi du densimètre, puis tout son procédé consiste ensuite à prendre les densités du lait débarrassé successivement d'un ou plusieurs de ses éléments constituants.

M. Duclaux a démontré que le densimètre était un instrument sur les indications duquel on ne pouvait compter que si l'on opérait sur des liquides de compositions analogues : la présence d'un corps volatil dans une dissolution aqueuse, un peu d'alcool amylique ajouté occasionnent des variations qui ne sont aucunement proportionnelles aux changements survenus dans la densité.

En écartant l'hypothèse de ces mélanges, en supposant que les densimètres sont parfaits et gradués sur des laits dont on a déterminé la densité au moyen du flacon,

(1) QUESNEVILLE, *Moniteur scientifique*, année 1884.

MÉTHODE ARÉOMÉTRIQUE DE SOXHLET.

POIDS SPÉCIFIQUE DE LA DISSOLUTION ÉTHÉRÉE ET PROPORTION DE MATIÈRE GRASSE CORRESPONDANTE POUR UNE TEMPÉRATURE DE + 17°5 CENTIGRADES.

Densité.	Matière grasse.	Densité.	Matière grasse.
21.1	0.00	44.0	2.18
22.0	0.09	45.0	2.30
23.0	0.19	46.0	2.40
24.0	0.28	47.0	2.52
25.0	0.37	48.0	2.62
26.0	0.46	49.0	2.76
27.0	0.55	50.0	2.88
28.0	0.64	51.0	3.00
29.0	0.74	52.0	3.12
30.0	0.83	53.0	3.25
31.0	0.92	54.0	3.37
32.0	1.01	55.0	3.49
33.0	1.10	56.0	3.63
34.0	1.19	57.0	3.75
35.0	1.28	58.0	3.90
36.0	1.37	59.0	4.03
37.0	1.47	60.0	4.18
38.0	1.57	61.0	4.32
39.0	1.67	62.0	4.47
40.0	1.77	63.0	4.63
41.0	1.87	64.0	4.79
42.0	1.97	65.0	4.95
43.0	2.07	66.0	5.12

le docteur Quesneville établit que l'on arrive à une précision du même ordre que celle que donnent les autres procédés, en mesurant avec une vis de longueur constante et connue, la distance entre la surface libre du

liquide et la division de la tige qui correspond à la deuxième extrémité de la vis : en retranchant la longueur connue qui avait été ajoutée, on obtient la division de l'affleurement du liquide.

On n'a plus ainsi à se préoccuper de la forme du ménisque, ni du point à choisir sur la tige lors de la lecture.

Tout le monde sait qu'il est toujours assez difficile de savoir si pour l'exactitude on doit prendre tel ou tel niveau au haut ou au bas de ce ménisque, que les évaluations sont incertaines, surtout si le liquide est tant soit peu opaque, ce qui est le cas du lait.

En possession de ce moyen d'investigation, l'auteur prend la densité d'un lait à examiner, et dose son extrait sec par une évaporation longtemps prolongée au bain-marie à l'ébullition; douze heures à cette température voisine de 100° sont au minimum nécessaires pour que la dessiccation soit complète, ce qui se traduit par l'invariabilité du poids du résidu.

L'auteur appelle caractéristique d'un liquide le quotient de son extrait sec par les chiffres de sa densité multipliée par 1000 et diminuée de 1000.

Si un lait donne un résidu de 130 grammes par litre et que sa densité soit 1,033, la caractéristique est $\frac{130}{33}$ ou 3.93.

Cette caractéristique c reste constante si le liquide vient à être étendu d'eau; en effet soit x et y, par litre et en centimètres cubes les proportions de lait x et d'eau y mélangées ensemble, d la densité du lait, multipliée par mille,

e le poids de l'extrait sec;

la caractéristique c est $\frac{e}{d - 1.000}$.

L'extrait sec sur le lait mouillé est réduit dans la proportion de x à 1000, soit $\frac{ex}{1.000}$.

Le nouveau liquide résultant du mélange a pour densité

$$x \frac{d}{1.000} + y$$

et par conséquent la nouvelle caractéristique est

$$c' = \frac{\frac{ex}{1.000}}{\frac{xd + y\ 1.000}{1.000} - 1.000} = \frac{ex}{xd + 1.000\,y - 1.000.000}$$

mais $x + y = 1.000 \qquad 1.000\,y - 1.000.000 = - 1.000\,x.$

$$c' = \frac{ex}{xd - 1.000\,x} = \frac{e}{d - 1.000} = c$$

mais c varie évidemment avec l'écrémage.

La considération de cet élément présente donc un intérêt réel, mais malheureusement l'extrait est difficile à obtenir et en outre cette caractéristique c n'est pas constante pour les différents laits.

On peut prouver que, toutes choses égales d'ailleurs, elle dépend de la quantité de beurre; M. Quesneville admet que l'on a la relation assez bien vérifiée dans la pratique,

$$c = A + B\frac{P}{D}.$$

A, B étant des constantes, P le poids du beurre, D la densité du liquide.

Si l'on parvenait à enlever seulement le beurre contenu dans le liquide, il serait facile d'établir une relation entre les densités du lait et du sérum et le poids du beurre.

En effet, désignons par l la densité du lacto-sérum
B le poids du beurre,
d sa densité

et supposons qu'à un certain nombre de centimètres cubes de lacto-sérum, on ajoute un poids B de beurre réparti en petites sphères microscopiques et tel que le volume total représente mille c. c. Cherchons la densité du nouveau liquide contenant en suspension cette poussière de matière grasse.

Le volume du lacto-sérum est $1.000 - \frac{B}{d}$

son poids . $\left(1.000 - \frac{B}{d}\right). l$

Le poids du beurre est B et la densité est par conséquent

$$\frac{\left(1.000 - \frac{B}{d}\right). l + B}{1.000}$$

désignons-la par D; c'est la densité du lait. On peut écrire

$$(1.000\, d - B)\, l + Bd = 1.000\, Dd$$

d'où

$$B = \frac{1.000\, d\, (l - D)}{l - d}$$

Si l'on a trouvé $l = 1{,}037$
$D = 1{,}032$

$$B = \frac{1.000 \times 0.930 \times 0.005}{1.037 - 0.930} = 4.35$$

Il y a 4.35 % de beurre.

Cette formule devrait, pour la pratique, être corrigée par l'adjonction d'un coefficient.

Le docteur Quesneville n'a pas établi la formule que nous indiquons, mais il s'est préoccupé d'éliminer successivement le beurre et la caséine, de déterminer les densités des sérums ainsi débarrassés successivement de

deux de leurs constituants et de relier toutes les densités et les quantités cherchées par des relations établies d'après ses expériences.

Il a reconnu que l'on pouvait écrémer le lait presque complètement en le traitant par $\frac{16}{1000}$ de son volume d'un mélange d'une lessive de soude ou de potasse avec de l'ammoniaque en proportions telles que le liquide ait pour densité l'unité. Densité lessive Na HO = 1.34.

L'écrémage est terminé au bout de vingt-quatre heures à la température ordinaire, ou au bout d'une heure à 40° et il ne reste dans le sérum que 0gr.60 environ de beurre par litre; le lait n'est donc pas tout à fait écrémé, mais la proportion de beurre restante est très faible.

Le crémomètre que le dr Quesneville a établi d'après ce principe, donne des résultats exacts et concordants; c'est le seul dont l'emploi est à conseiller dans la pratique. L'auteur a préparé une dissolution exempte de caséine et de matière grasse en précipitant le lait par quelques gouttes d'acide acétique.

Il est maintenant facile de concevoir que les trois densités des sérums ainsi préparés permettent de déterminer trois des variables, par exemple beurre, caséine et extrait, et en conséquence d'indiquer si les proportions sont normales.

M. Quesneville a plus particulièrement appliqué ses méthodes à la recherche des fraudes et de fait les valeurs des densités et des quantités de crème font presque ressortir immédiatement les anomalies que peut présenter le lait en expérience :

Supposons qu'un lait ait été successivement écrémé, ce qui augmente la densité, puis ramené à la densité normale par une addition d'eau; il est évident que la densité du lacto-sérum sera à peine différente de celle du lait primitif.

Les méthodes du docteur Quesneville, tout ingénieuses qu'elles soient, ne sont pas entrées dans la pratique, soit que leur exécution en soit un peu longue, soit plutôt à cause de la difficulté de la détermination exacte des densités.

Il faut, en effet, remarquer que la variation du troisième chiffre décimal conduit à des différences énormes de composition et les densimètres du commerce sont trop souvent si mal établis que la seconde décimale elle-même n'est pas certaine.

Il faut donc ou adopter la méthode du flacon ou mieux, dans la pratique, en conservant le principe des séparations Quesneville, opérer le dosage du beurre de la manière suivante :

1° On détermine la densité en plaçant sur le plateau d'une balance ordinaire un vase quelconque, un pot à confitures par exemple, aux trois quarts rempli de lait, puis on en fait la tare avec du petit plomb ou du sable.

Ensuite on plonge dans ce lait une boule de verre lestée (un bouchon de carafe fait très bien l'affaire) tenue à la main par un fil de telle façon que la boule ne touche pas le fond; l'équilibre de la balance est rompu.

Pour le rétablir il faut ajouter des poids qui représentent le poids d'un volume du lait égal au volume de la boule et ce dernier volume est déterminé par une expérience directe faite dans l'eau; en divisant le premier chiffre des poids par le second, on a la densité du liquide.

Cette méthode est rapide et exacte, nous ne saurions trop la recommander dans la pratique où elle donne d'excellents résultats si l'on a bien soin de ramener l'eau, le lait ou les liquides en expérience à la même température de 15° centigrades.

2° On prépare le lactosérum en ajoutant au lait la

lessive ammoniaco-sodique dans la proportion de $\frac{16}{1000}$ on chauffe le mélange préalablement bien agité à 40° ou 45° et on le passe au centrifuge à bras, à cette température. La séparation est parfaite en quelques minutes et d'autant plus rapide que l'on force un peu la proportion de lessive.

3° On prend la densité du lacto-sérum comme on avait pris celle du lait et on applique la formule ci-dessus ou les tables de Quesneville.

Ainsi conduite l'analyse est terminée en quelques instants et les résultats sont satisfaisants.

Remarques et procédé Short. — La saponification n'est guère à redouter dans le procédé Quesneville; la quantité d'alcali ajouté étant relativement insignifiante; un chimiste américain a essayé de pousser plus loin cette saponification et de décomposer ensuite le savon par un acide.

Comme alcali, l'auteur emploie un mélange de 250 gr. de soude avec 300 gr. de potasse dissoutes dans 1,800 gr. d'eau; l'acide est un mélange à parties égales d'acide sulfurique et d'acide acétique.

A 20 cent. c. de lait, on ajoute 10 cc de la solution alcaline et l'on fait bouillir pendant 2 heures, on laisse refroidir, on neutralise par l'acide et on réchauffe de nouveau jusqu'à l'ébullition pendant une heure; les acides gras mis en liberté surnagent le liquide, on mesure le volume qu'ils occupent dans un tube gradué.

Soit a ce volume; c le poids spécifique des acides gras, 0,914; p le poids du lait en expérience 20 cc multiplié par la densité, on admet que la graisse ainsi obtenue représente 87 o/o du beurre réel, on a donc en définitive.

$$\text{Beurre} = \frac{a \times c \times 100}{p \times 87}.$$

$$= a. \frac{91.4}{87} : p.$$

Il nous paraîtrait bien plus rationnel de réduire au litre, c'est ce que nous faisons toujours en France; dans ce cas $p = 20$ et le beurre est exactement 0.525 *a*.

Cette méthode suppose implicitement que l'on opère sur des laits normaux; sous cette restriction elle donne, paraît-il, de bons résultats pratiques, mais elle est en tout cas bien longue dans son exécution et l'on sait d'autre part que la saponification et la décomposition des savons ne sont pas toujours des opérations faciles; cette remarque trouvera mieux sa place au chapitre de l'analyse des beurres.

Dosage de la caséine. — Il serait très intéressant, au point de vue de la fabrication des fromages, de pouvoir doser directement la caséine du lait. Quelques tentatives d'analyses ont été faites dans ce sens, mais ce que nous avons dit de cet état multiple ou véritablement protéique de la caséine fait entrevoir les difficultés que doit rencontrer le dosage d'une substance qui se présente à la fois sous des états différents dans la même liqueur.

De fait ces propriétés diverses ont tout à fait compromis l'exactitude des dosages et la confiance que l'on se croirait en droit de leur accorder.

Si l'on précipite de la caséine par de la présure ou de l'acide acétique, le poids du précipité n'est pas le même suivant la proportion du précipitant, il n'est pas le même si l'on filtre immédiatement après la réaction ou si l'on a attendu quelque temps avant de faire cette opération; le liquide clair obtenu après le passage au filtre précipite encore par le sous-azotate de mercure; il se coagule par la chaleur, ce qui prouve qu'il contient

encore des matières azotées, du genre des albuminoïdes. Si l'on a commencé le précipité par le sous-azotate de mercure, les mêmes inconvénients se présentent à peu de chose près, et l'on ne connaît pas par conséquent la signification réelle des chiffres donnés par une analyse.

On a proposé de doser la matière protéique par le permanganate de potasse ou par la teneur en azote, mais ces procédés ne sont encore qu'approximatifs, car on ne sait au juste quelle formule assigner à une matière que l'on ne connaît pas et que l'on ne peut même isoler.

La conclusion est facile à tirer : il paraît prudent dans la pratique de renoncer à un dosage direct de la caséine, les résultats ne seraient pas exacts ou resteraient en tout cas d'une interprétation difficile.

On en est donc réduit à doser la caséine par différence, et c'est à cette mesure que s'est arrêté M. Duclaux dans sa méthode générale d'analyse que nous donnons plus loin : on dose alors la matière grasse, le sucre, l'eau et les cendres, et l'on englobe sous le nom de caséine la différence entre 100 et la somme de toutes les valeurs en centièmes des diverses matières dosées.

Sans nous arrêter aux méthodes générales ordinairement employées dans les laboratoires pour ces différents dosages, nous allons donner *in-extenso* une méthode complète et très étudiée dans tous les détails d'exécution, que le professeur Duclaux a décrite dans son ouvrage sur le lait.

Méthode d'analyse de M. Duclaux (1). — Cet éminent professeur procède ainsi :

Dans le lait, primitivement bien agité, on prélève, à l'aide de la même pipette, trois prises de 10 centimètres cubes.

(1) *Le Lait*, par Duclaux, membre de l'Institut.

L'une (A) sert à déterminer la densité du lait et la proportion de cendres.

La seconde (B) sert à trouver la proportion du sucre.

La troisième (C) donne le poids de résidu sec et de beurre.

On peut conclure de l'ensemble de ces résultats la proportion totale de la caséine.

D'un autre côté, on soumet ce lait à la filtration au travers d'un vase de porcelaine et on recueille 10 à 15 p. 100 du volume du lait. Le liquide filtré donne la proportion de caséine soluble.

Nous pouvons aussi lui demander un autre élément intéressant, la proportion de phosphate de chaux en solution, comparée à la proportion totale de ce corps existant dans le lait.

A. — *Détermination de la densité et des cendres.* — On introduit dans une capsule, ou mieux dans un creuset de platine, le lait mesuré au moyen de la pipette. Il faut avoir soin de laisser l'écoulement se faire toujours dans les mêmes conditions.

La capsule étant remplie avec précaution, on trouve que son poids pour un lait normal reste toujours à peu près le même, à 2 ou 3 milligrammes près. Si on se sert d'un creuset, il est bon de le couvrir d'un couvercle aussitôt qu'il est plein. Avec une capsule on recouvrira avec un verre de montre taré. La différence de poids trouvée donne le poids de 10 centimètres cubes de liquide, et si la pipette est exacte, la densité à moins d'un millième du lait étudié.

On évapore alors le liquide à feu nu sur une petite flamme placée à quelques centimètres du métal. Il se fait bientôt une pellicule assez résistante qui arrête les rares projections qui peuvent se produire à la fin de

l'opération. On calcine le résidu aussitôt qu'il supporte sans crépiter l'action de la flamme, on blanchit les cendres au rouge naissant.

On pèse et on redissout les cendres dans l'eau aiguisée d'acide acétique.

Quand elles ont été trop chauffées, elles ne se dissolvent pas facilement, et il est bon d'ajouter une goutte d'acide chlorhydrique. Elles ne doivent pas laisser de résidu sensible. Dans ce liquide, on précipite le phosphate de chaux au moyen de l'ammoniaque, et on sépare ce corps au moyen d'un filtre qui, lavé, desséché et calciné, permet d'en déterminer le poids.

B. — *Détermination du sucre de lait.* — 10 centimètres cubes du même lait sont amenés à 50 centimètres cubes et servent à déterminer le sucre au moyen de la liqueur de Fehling. Le dosage devient difficile ou impossible avec certains laits très gras, lors même qu'on prend la précaution d'étendre d'eau la liqueur pour en diminuer l'opacité. Le sucre étant l'élément le moins important du lait, une petite erreur d'expérience à son sujet n'aurait aucune importance si, dans notre procédé d'analyse, elle ne rejaillissait pas sur la caséine.

Pour arriver à un dosage rigoureux lorsqu'il est impossible avec le lait normal, on peut suivre deux voies. La première est de laisser le lait en repos pendant vingt-quatre heures, de façon à laisser monter la crème, et de se servir, pour agir sur la liqueur de Fehling, des couches inférieures, les plus débarrassées de matières grasses (1). Il faut seulement se rappeler que le liquide sur

(1) On pourrait doser le sucre sur le liquide séparé au centrifuge, après addition au lait de la solution ammoniaco sodique Quesneville; le sérum est limpide et se prête admirablement à l'analyse par le Fehling; la correction relative à la matière grasse est, dans ce cas, insignifiante.

lequel on opère n'est pas du lait normal. On ne s'éloignera guère de la vérité en admettant qu'il ne renferme que le 1/10 de la matière grasse du lait, et il faudra faire en conséquence la correction du nombre obtenu. Si, par exemple, le lait renferme 4 pour 100 de matière grasse, le liquide employé au dosage du sucre n'en renferme que 0,4 pour 100, et par suite 96,4 de ce liquide correspondront à 100 parties de lait.

Un deuxième mode de dosage peut être mis en pratique dans des conditions spéciales.

Quand on ajoute à l'analyse du lait celle de ses produits de filtration au travers de la terre de pipe, le liquide absolument limpide qu'on en retire convient très bien au dosage du sucre, et permet une précision comparable à celle du dosage au réactif cupro-potassique de la liqueur sucrée d'épreuve.

C. — *Détermination du résidu sec et de la matière grasse.* — Lorsqu'on évapore du lait au bain-marie dans une capsule de platine, le résidu forme à la fin de l'opération une masse compacte d'où il est très long d'éliminer les dernières portions d'eau. M. Duclaux a trouvé des cas où il fallait plus de huit heures pour évaporer 10 centimètres cubes de lait, la capsule restant constamment flottante à la surface d'un bain de chlorure de calcium chauffé à 108°. Si on élève plus haut la température, on peut aller plus vite, mais on est exposé à changer la constitution de la matière organique. En général, il est prudent de ne pas dépasser 110°.

Pour obvier à cette lenteur, divers moyens ont été proposés. On a essayé de coaguler au préalable le lait au moyen de quelques gouttes d'acide ou d'un peu d'alcool.

On granule ainsi la caséine, pour ainsi dire, et on facilite l'évaporation.

Mais il n'est pas sûr qu'on ne change pas aussi la nature du produit. En admettant même que l'acide ajouté disparaisse en entier, comme l'alcool par simple évaporation, on sait qu'il y a une théorie de la coagulation qui prétend que de la caséine coagulée n'est pas de la caséine du lait, c'est la théorie de Hammarsten et de MM. Arthus et Pagès et qu'elle en diffère par l'adjonction ou la suppression (car encore sur ce point il y a des doutes) d'un certain nombre d'équivalents d'eau.

Le seul argument qu'on ait fait valoir en faveur de ce procédé est la constance des résultats qu'il fournit, dans des cas où d'autres ne donnent que des nombres variables.

Un autre moyen proposé pour accélérer l'évaporation est de mélanger le lait avec du sable ou une autre substance pulvérulente qui le divise et augmente les surfaces d'évaporation. Les procédés qui reposent sur cette pratique sont déjà nombreux, et ils ne diffèrent que par la nature de l'excipient. C'est que chacun a essayé de faire disparaître par l'emploi d'une substance convenable la principale difficulté qui est la suivante : le lait ne se mélange pas uniformément à la masse du corps absorbant. Il faudrait pour cela un brassage très long. Or partout où la quantité de liquide est surabondante, elle forme en se desséchant une sorte de mortier; au lieu de faciliter l'évaporation, on l'a rendue plus difficile ou même impossible.

On évite ces inconvénients par l'emploi d'une éponge qui se laisse bien imbiber, offre au lait une surface d'évaporation considérable, prend en se desséchant une rigidité qui en laisse les pores ouverts, et présente à la fin de l'opération le résidu sous une forme qui rend l'extraction de la matière grasse très facile. On découpe dans une éponge un peu fine des fragments de la gros-

seur d'une noix, on les lave d'abord à l'eau froide pour les débarrasser de la poussière et des fragments pierreux qui y adhèrent quelquefois, puis à l'eau chaude, et enfin après les avoir desséchés à l'air on les immerge dans de l'éther et on les conserve jusqu'au moment de s'en servir. Il suffit, quand on en a besoin, de les comprimer entre les doigts pour avoir une masse sèche, élastique, complètement privée de matière grasse.

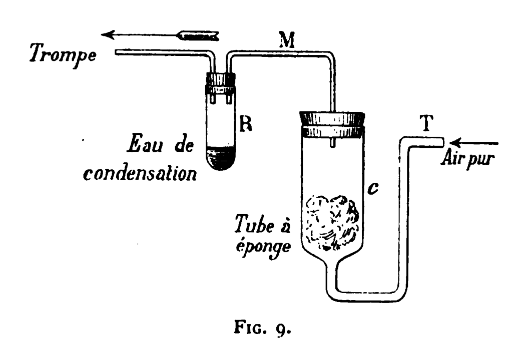


Fig. 9.

Cette éponge est introduite dans un tube de verre de la forme de celui de la figure ci-contre.

On met la tubulure T en communication au moyen d'un caoutchouc, avec un tube à boules renfermant de l'acide sulfurique, on met l'autre ouverture en communication avec un aspirateur à gouttes, en interposant sur le trajet de l'air le récipient R destiné à recueillir l'eau évaporée, on enfonce le tube à éponge jusqu'en *c* dans un bain de chlorure de calcium chauffé à 108°, ou même, si on veut, dans l'eau bouillante, et on fait passer un courant d'air sec au travers du système.

On a taré d'avance le tube à éponge en le déposant simplement sur le plateau de la balance, avec un poids

de 5 grammes par exemple. On fait une nouvelle pesée lorsque l'éponge est bien sèche, ce qui a lieu au bout d'une heure environ. Le nombre qu'on obtient ainsi forme le point de départ de l'analyse. On peut préparer à l'avance un certain nombre de ces tubes : on inscrit sur chacun le chiffre qui lui correspond lorsque son éponge est sèche.

On introduit ensuite dans ces tubes 10 centimètres cubes de lait mesurés au moyen d'une pipette graduée. Si on veut faire pour ce cas une pesée spéciale, l'appareil s'y prête évidemment très bien, à la condition d'augmenter le poids de tare.

On laisse quelques minutes à l'éponge pour bien s'imbiber ; quand elle commence à devenir un peu élastique, on la presse à plusieurs reprises avec un bâton de verre ou un manche de spatule de platine, de façon à bien répartir la masse du lait dans son intérieur. La baguette de verre sort de cette opération parfaitement propre, ce qu'elle enlève est tout à fait négligeable.

On reporte alors le tube dans l'eau bouillante ou dans le bain de chlorure de calcium. Une abondante buée entraînée par le courant d'air vient aussitôt se déposer sur le tube de sortie et ruisselle peu à peu dans le réservoir R.

Quand on la voit disparaître du tube de communication M c'est que la dessiccation est près d'être complète. Il faut chauffer encore une demi-heure à partir de ce moment. A moins de circonstances exceptionnelles, on peut être à peu près sûr d'avoir éliminé toute l'eau contenue dans le lait. On la retrouve en R ; on peut examiner sa réaction et son odeur qui donnent des indications intéressantes. Dans le lait normal, cette eau est neutre, insipide et inodore.

Appartient-elle tout entière au lait, et une portion

n'en proviendrait-elle pas d'une déshydratation de la caséine.

Pour quelques savants, telle serait l'origine de la pellicule qu'on voit se former dans le lait maintenu à la chaleur, et en général, de la coagulation de certaines matières albuminoïdes. M. Duclaux a été conduit à vérifier cette hypothèse en étudiant son procédé, qui, à l'aide du courant d'air employé, permet d'obtenir une dessiccation rapide à une température relativement basse.

Il a commencé par opérer à 60°. Après huit heures de chauffage, un lait lui a laissé 12,08 pour 100 de résidu, 12,05 après dix heures.

Puis les pertes sont devenues très lentes, mais sans cesser franchement.

On porte alors à 80°. Au bout de deux heures passées à cette température, le résidu sec atteignait 11,93 pour 100, et n'a pas varié après quatre heures.

On a ensuite porté le bain-marie à l'ébullition. Au bout de deux nouvelles heures, aucun changement de poids. Enfin un nouveau chauffage de deux heures à 108° n'amène aucune perte nouvelle.

On peut conclure de là que la dessiccation complète du lait pourrait se faire, en lui donnant le temps convenable, à une température de 60° et même moins, inférieure par conséquent à celle de coagulation de l'albumine. Toute l'eau qu'on évalue est donc de l'eau de dissolution et non en partie de l'eau de constitution.

Lorsqu'on évapore le lait à basse température, la caséine restée adhérente à l'éponge y est à un état qui rappelle celui qu'elle possède dans le lait, elle y est à l'état de flocons blancs très divisés, communiquant un trouble laiteux et une opacité qui est assez voisine de celle du lait fortement écrémé. Dans le lait qui a été évaporé à une température égale ou supérieure à 100°

la caséine qu'on peut retrouver sur l'éponge y forme des masses brunes et cassantes qui se dissolvent dans l'eau en lui communiquant un léger trouble et une couleur analogue à celle du bouillon. Il est clair que la constitution de la matière a fortement changé.

M. Duclaux s'est assuré que cette teinte d'extrait, que prend le lait évaporé dans une capsule de platine, tient non, comme on le croit, à une sorte de caramélisation du sucre de lait, mais aux modifications qu'a subies la caséine. Or, d'après les résultats des mesures ci-dessus, il est clair que ces modifications, quelles qu'elles soient, ne consistent pas dans un phénomène de déshydratation.

La caséine du lait en expérience à 80° et surtout à 60°, était restée grise, et elle a bruni à 108°, sans perdre ni sans gagner rien d'appréciable à la balance.

Matière grasse. — L'éponge séchée qu'on obtient dans l'opération précédente, si elle a été bien imbibée de lait dans toute sa masse, en présente maintenant la matière grasse sous une forme divisée et très favorable à l'action des dissolvants. Il suffit de remplir le tube, à 4 ou 5 reprises, de sulfure de carbone. On recueille à chaque fois par le tube latéral tout ce qui peut couler, on essore le reste en secouant vivement le tube.

M. Duclaux préfère le sulfure de carbone à l'éther parce qu'il n'attire pas l'eau et n'en contient pas en quantité sensible. En le conservant dans des vases noircis, on évite la formation de sous-sulfures solides qui pourraient vicier les résultats.

On est ainsi dispensé de l'emploi de ces extracteurs compliqués qu'on avait été conduit à imaginer pour séparer du lait sa matière grasse, au moyen de l'éther.

Au bout des 4 ou 5 lessivages au sulfure de carbone, une courte dessiccation suffit pour chasser le sulfure de carbone resté adhérent aux parois de l'éponge et

ce qui pourrait s'y être fixé d'humidité pendant le traitement. Au bout de 1/2 ou 3/4 d'heure passés dans le bain-marie où s'est faite la dessiccation initiale, on peut peser le tube et terminer l'analyse.

En retranchant alors du poids du résidu sec le poids du sucre, celui de la matière grasse et celui des cendres, trouvés directement, on a pour différence le poids total de la caséine, et l'analyse réduite aux termes auxquels on la bornait autrefois, se trouve terminée. Mais nous avons à faire un pas de plus et à déterminer la nature et la proportion des éléments vraiment en solution dans le lait.

On y arrive par une filtration faite au moyen d'une bougie ou d'un matras de porcelaine.

Quand on filtre au travers d'un vase poreux, quelques heures suffisent à recueillir les 15 à 20 centimètres cubes de liquide nécessaires pour une analyse complète.

Dix centimètres cubes de ce liquide sont évaporés à 108° dans une capsule de platine, jusqu'à cessation de perte de poids.

La caséine y est peu abondante, le sucre de lait y domine et finit par cristalliser au fond de la capsule en masses radiées.

Quand cette cristallisation est faite, on peut peser. On a le poids de résidu sec.

On calcine ensuite ce résidu pour trouver le poids des cendres; ces cendres sont à leur tour traitées comme on l'a dit plus haut, pour y déterminer la proportion du phosphate de chaux.

Enfin, on étend de 20 centimètres cubes d'eau 5 centimètres cubes de liquide filtré et on y fait un dosage de sucre. S'il n'y a pas eu d'évaporation pendant la filtration dans le vide, la richesse en sucre de ce liquide est la même que celle du lait écrémé.

En retranchant du poids du résidu solide les poids de sucre et de cendres, on a par différence le poids de caséine en solution dans le lait; en le retranchant du poids de caséine, on a le chiffre de celle qui est en suspension ou à l'état colloïdal.

En retranchant de même la proportion de cendres du liquide filtré de celle qu'on trouve dans le lait, on sépare dans l'analyse les matières minérales en suspension de celles qui sont en solution.

Enfin en faisant la différence du phosphate de chaux trouvé dans le liquide filtré et dans le lait, on distingue de même le phosphate en solution de celui qui est en suspension.

Pour résumer cet exposé des meilleures méthodes connues d'analyses, nous serions tenté de recommander dans les petites exploitations le procédé d'Adam et celui que nous avons indiqué; pour les grandes laiteries le contrôleur Fjord qui donne la proportion de crème ou le lactocrite qui donne le quantum de beurre; dans les laboratoires, le procédé du professeur Duclaux.

CHAPITRE III

ALTÉRATIONS ET FALSIFICATIONS DU LAIT
MOUILLAGE ET ÉCRÉMAGE

Altérations et falsifications du lait. — Le lait s'altère spontanément, ordinairement par la fermentation première de la lactose qui se traduit par une apparition d'acide lactique et par conséquent par une réaction acide de la liqueur, mais outre cette cause accidentelle, le lait peut être modifié dans sa composition par suite d'une foule d'autres circonstances ou plutôt par suite de fermentations autres ou se traduisant autrement que la première.

Examinons d'abord les influences morbides de l'animal même. L'examen microscopique est presque toujours des plus instructifs dans ces recherches; c'est ainsi qu'il permet de déceler la présence du *pus* dont les globules inégaux et marginés ont un aspect caractéristique, celle du *sang* dont les globules sont jaunâtres aplatis et pourvus d'un noyau central.

C'est également à l'aide du microscope que l'on peut reconnaître certaines falsifications, l'addition de substances destinées à rehausser la blancheur du lait, des matières minérales, de la pulpe de cervelle, etc. Ces falsifications sont aujourd'hui assez rares car il faut

que la matière ajoutée soit à un prix relativement très bas pour qu'il y ait avantage à l'employer; ces mélanges se reconnaissent quelquefois très facilement par un essai au centrifuge : les substances ajoutées se séparent du liquide car les densités ne sont jamais exactement les mêmes.

L'examen microscopique peut déceler également la présence de bactéries qui proviennent soit de la vache elle-même soit d'ustensiles mal nettoyés ou d'atmosphères contaminées.

Mais ces organismes ne s'aperçoivent pas toujours; d'ailleurs, comme nous le verrons, ils sont très voisins les uns des autres et il est difficile de conclure d'après un examen microscopique que le lait renferme telle ou telle bactérie spéciale. On ne peut réellement affirmer cette présence des organismes qu'en constatant les changements qu'ils apportent dans la constitution du liquide, le lait devient amer, filant, salé, etc. Toutes ces maladies ou ces vices du lait ne sont pas encore tous connus dans leur essence, on sait seulement qu'il est bon lorsqu'ils se manifestent, d'en rechercher l'origine, d'éloigner les vaches malades, de veiller avec plus de soin aux préceptes d'une méticuleuse propreté et d'examiner s'il n'existe pas quelques plantes mauvaises ou altérées dans la nourriture des animaux, quelques portions de fourrages moisis ou gâtés. L'emploi de la camomille sauvage, la renoncule peuvent occasionner certains accidents pathologiques.

Parmi les maladies du lait une des plus fréquentes est celle du bleuissement qui a été étudié par Reiset en France; la bactérie qui cause cet accident est maintenant connue.

D'après les travaux des docteurs Kasner, Loeffler et Haim, le lait qui doit bleuir est en apparence semblable au lait ordinaire, puis bientôt et spontanément on voit

apparaître sur la surface des points bleus qui s'étendent de plus en plus, si bien que la couleur finit par envahir toute la surface en même temps que le lait devient acide. La couleur s'étend aussi un peu en profondeur. La maladie se développe mieux sur les laits pauvres en matière grasse.

Le docteur Heim s'est proposé de préparer des cultures pures de la bactérie et il a remarqué que, quel que soit le milieu de culture, le bacille est remarquablement constant. C'est un petit bâtonnet très vif, toujours en mouvement; dans les cultures, on voit se former des colonies de cette bactérie.

Le microbe présente un curieux phénomène d'atténuation dans les éducations successives et ne peut plus, après un temps suffisamment prolongé, faire bleuir le lait. Séché, il se conserve presque indéfiniment, mais reprend sa vitalité aussitôt qu'il se trouve en présence d'un milieu humide; c'est pourquoi on voit la maladie reparaître obstinément dans les laiteries même lorsqu'on se sert d'ustensiles depuis longtemps abandonnés.

Heureusement, le bacille est facilement tué par la chaleur; à 55° centigrades, il suffit de 5 minutes pour détruire tous les germes; à 70° aucun ne subsiste après une minute de chauffe.

Il faut donc pour voir disparaître d'une manière certaine ce fléau de la fabrication chauffer tous les ustensiles à 80° environ pendant quelques minutes ou en d'autres termes les laver à l'eau bouillante.

Il est presque inutile de songer à employer la soude ou le salicylate puisque la chaleur seule, d'une application si facile, donne des résultats infaillibles.

Ce procédé de pasteurisation ou de stérilisation réussit du reste presque toujours à faire disparaître les étranges fermentations plus ou moins analogues à la précédente;

en tout cas, le lavage à l'eau chaude doit toujours et d'abord être essayé et pratiqué largement.

Falsifications. — *Addition de substances étrangères.* On peut avoir à rechercher la présence des antiseptiques et de l'eau surtout.

Borax. — Le borate de soude est un assez bon agent de conservation et il n'est pas sensiblement nuisible à la santé : ajouté au lait, il augmente tout d'abord le poids de la matière fixe ou cendres. On peut le déceler d'une manière certaine en dissolvant ces cendres dans l'eau distillée en faible proportion et plaçant la dissolution dans un tube à essai avec quelques décigrammes de fluorure de calcium et de l'acide sulfurique pur et concentré. On ferme le tube avec un bouchon à deux trous et on met dans ces deux ouvertures des tubes de verre coudés à angle droit. Par l'un d'eux on fait arriver un courant d'hydrogène et on chauffe légèrement le tube bouché. Après quelques minutes on enflamme le gaz qui se dégage et s'il contient du fluorure de bore, on observe la couleur verte caractéristique que ce composé communique à la flamme.

Acide salicylique. — Cet antiseptique par excellence a été, en France, impitoyablement proscrit de toutes matières alimentaires. Pour le reconnaître dans le lait, on mélange 100^{cc} de lait à 100^{cc} d'eau tiède (à 60°), on ajoute 5 gouttes d'acide acétique, cinq gouttes d'une solution de nitrate acide de mercure et on filtre. On débarrasse ainsi le lait de la caséine et le produit filtré est limpide; on le met alors dans un entonnoir à robinet avec 50^{cc} d'éther, on agite puis on abandonne au repos. L'éther qui vient surnager en couche transparente contient tout l'acide salicylique. On fait écouler le liquide sous-jacent et on verse la solution éthérée dans une capsule de verre ou un verre de pendule; l'éther s'éva-

pore et le résidu est repris par quelques gouttes d'eau, puis par quelques gouttes d'une dissolution de perchlorure de fer au centième.

S'il y a de l'acide salicylique, on aperçoit la coloration violette bien connue.

Pour doser cet antiseptique on suit une marche analogue, mais on relave le liquide sous-jacent à plusieurs reprises à l'éther, on fait évaporer, on chauffe à 80° ou 100° pour chasser les acides butyrique ou acétique qui auraient pu être entraînés et finalement on dissout dans l'eau pour doser l'acidité par une liqueur alcaline titrée.

Carbonate et bicarbonate de soude. — Ces sels, moins puissants antiseptiques que le borax et l'acide salicylique sont ajoutés en beaucoup plus forte proportion et l'on s'aperçoit au taux des cendres, qui normalement doit être de 0,70 % ou 7 grammes par litre en moyenne, que si cette proportion est dépassée de 1 à 2 grammes ou plus, il doit y avoir quelque matière étrangère ajoutée.

On pourrait, pour doser ces substances, évaluer la proportion de soude qui en moyenne est de 0 gr. 7 par litre dans le lait normal et doser d'autre part l'acide carbonique, en plaçant, par exemple, les cendres dans une nacelle de porcelaine, les mélangeant à un peu d'acide borique et calcinant légèrement dans un courant d'hydrogène. En recevant les gaz desséchés dans un tube à potasse ordinaire, on constaterait une augmentation de poids si les cendres contiennent des carbonates et cette plus-value du poids représenterait la proportion d'acide carbonique. Il existe d'autres procédés d'analyse sur lesquels nous n'avons pas à insister ici.

Phosphate de soude. — Le phosphate de soude est un agent de conservation, mais moins efficace et moins employé que les précédents ; on le reconnaîtrait et on le doserait par les procédés connus de recherche de l'a-

cide phosphorique, mais en tenant compte de ce fait que le lait en contient en moyenne à peu près 2 grammes par litre.

Les autres falsifications dont on parle quelquefois : addition de gomme, d'amidon, de dextrine, de sucre ou de glucose, les émulsions de graines oléagineuses, l'addition d'oléo-margarine, etc., ne nous paraissent pas suffisamment fréquentes pour qu'il soit bien nécessaire de s'y arrêter, mais nous devons étudier de plus près l'addition d'eau.

Le mouillage. — C'est la fraude la plus fréquente, la plus facile à pratiquer, une des plus difficiles à découvrir, une de celles qui fait hésiter le chimiste dans le jugement qu'on lui demande quelquefois de rendre d'après l'analyse qu'il a faite.

Le lait de nos vaches de race française contient en moyenne 85 % d'eau et la densité est 1,033 à la température de 15°. Si on ajoute de l'eau, cette densité diminue et une pesée peut dénoncer la manipulation frauduleuse commise, mais si l'on a écrémé préalablement, la densité passe d'abord à 1,036 ou 1,038 suivant la proportion de beurre et une addition d'eau permet de la ramener au chiffre normal habituel 1,033. La prise de la densité n'indique plus rien.

Cette addition d'eau est facile à calculer en partant des chiffres 1,033 et 1,039 pris comme base. Elle correspond à 15 % d'eau.

85 cc de lait écrémé à 1.039......	88.315
15 cc d'eau........................	15.000
Total....................	103.315

Le mouillage ne s'apercevrait pas par la proportion

faible du résidu sec ou des cendres ; cette proportion n'est pas positivement anormale.

Résidu...........	12.75 en centièmes.
Cendres..........	0.59 —

Le dosage du beurre seul conduirait à le soupçonner.

Mais nos laits français, avons-nous dit, renferment peut-être une moyenne de 5 $^0/_0$ de matière grasse, alors que les laits de vaches hollandaises n'en contiennent en Hollande même que 3.50. Ainsi on pourrait enlever 1.50 de matière grasse à un de nos laits et la proportion qu'il contiendrait encore serait celle d'un autre lait normal, non falsifié. Ces réflexions font embrasser toute la difficulté du problème posé : cette difficulté réside dans la différence de composition des laits et il est vraiment dangereux et bien imprudent de poursuivre en justice, comme on le fait quelquefois, certains vendeurs dont le lait a donné à l'analyse des résultats différents de ceux auxquels on est habitué.

Cette recherche directe de l'addition de l'eau est donc délicate, pour ainsi dire impossible par l'analyse seule et si l'on ajoute que les poursuivants opèrent le plus souvent avec des densimètres plus ou moins exacts et que l'opération même de la prise de la densité par le densimètre est une opération très sujette à erreur, on doit comprendre que tous ces essais analytiques sont insuffisants pour déceler la fraude.

Les fraudeurs ont connaissance de toutes ces considérations et il en résulte un désordre éternel dans lequel on retrouve des condamnations injustes à côté d'acquittements immérités, des poursuites arbitraires contre ceux qui déplaisent, une complaisance coupable pour d'autres plus en faveur.

Un assez grand nombre de chimistes se sont préoc-

cupés de trouver des procédés permettant de donner la preuve d'une addition d'eau :

M. Bertram Ohm a prétendu que le plâtre gâché avec du lait se solidifiait d'autant plus vite que le lait avait été plus mouillé.

Voici les chiffres qu'il donne pour une température de 15° :

Eau ajoutée pour cent........	0	25	50	75
Temps de la prise du plâtre...	10 h	2 h.	30 min.	40 min. (?).
Avec le lait écrémé...........	4 h.		1 h.	30 min.

La chaleur hâte la solidification. Ces expériences n'ont pas, à notre connaissance, été confirmées, malgré l'intérêt qu'elles présentent.

Le Dr Soxhlet, de Munich, utilisant une observation de Fuchs, admet que le lait ne contient pas normalement de nitrates dans sa composition : il suffit alors de déceler dans le lait suspect la présence de l'acide azotique pour mettre en évidence une addition d'eau.

Pour cela, M. Soxhlet ajoute à 100^{cc} de lait, 1^{cc}, 5 d'une dissolution de chlorure de calcium, il chauffe légèrement, filtre et additionne le liquide filtré d'une quantité d'acide sulfurique pur suffisante pour que le mélange se trouble.

Puis il verse 2 ^{cc} de cette solution, le long des parois d'un tube bouché contenant de 1 à 2 ^{cc} d'acide sulfurique additionné de 2 % de diphénylamine; il se produit à la surface de séparation des liquides, une coloration bleue s'il y avait des nitrates dans la liqueur primitive.

Quelqu'ingénieuse que soit cette méthode, on aperçoit immédiatement ses défauts pratiques, car rien ne serait plus simple que de mouiller le lait avec de l'eau distillée (dans les usines, on a toujours des retours de vapeur qui donneraient cette eau en abondance). Dans les pays

granitiques, les eaux ne contiennent souvent pas de nitrates et le mouillage s'y pratiquerait impunément.

Le docteur Quesneville, dans sa méthode d'analyse que nous avons exposée plus haut, a démontré l'existence des mouillages par l'étude de la crème obtenue au moyen de l'addition de liqueur A. sodique.

Il a établi que :

I. Le rapport du poids du beurre contenu dans un kilog. de crème au poids de son extrait est une quantité constante pour un lait déterminé, quel que soit le tassement de la crème.

II. Ce rapport pour tous les laits non mouillés dont la crème a été préparée à froid est compris entre 0,79 et 0,84 ; en moyenne il est 0,81.

III. Quand un lait est mouillé, plus le mouillage est considérable, plus ce rapport tend vers l'unité.

Enfin nous avons signalé nous-même quelques retards dans la précipitation des laits par l'alcool et la présure lorsque ces laits étaient plus ou moins étendus d'eau, mais en résumé, comme on le voit, le problème n'est pas résolu et il n'existe aucun procédé certain infaillible autorisant un expert à dire : ce lait a été étendu d'eau du moins jusqu'aux proportions de 20 à 25 %. Il est évident qu'au-dessus de ce taux, 40, 50, 60 % d'eau se reconnaîtront aux chiffres anormaux des matériaux constituants : un lait qui ne laisserait que 8 ou 6 grammes d'extrait sec pour cent serait très certainement mouillé.

Un ensemble de plusieurs dosages est donc nécessaire pour éclairer un peu la question ; l'on pourra, par exemple, conclure avec probabilité à une addition d'eau et à un écrémage partiel dans un lait ayant la densité normale, mais très peu de beurre avec un extrait sec relativement moins faible si les chiffres sont les suivants par litre.

Extrait	96.40
Cendres	5.10
Lactose	45.35
Beurre	27.74

on serait tenté de croire à une fraude. Mais encore une fois, et nous insistons sur ce point, il n'y a que des présomptions et lorsque le mouillage est faible, il est prudent de se tenir sur la réserve dans les conclusions.

Écrémage partiel. — C'est encore là une fraude très fréquente et des plus difficiles à démasquer; l'introduction des centrifuges dans l'industrie permet de pratiquer l'écrémage avec des dosages mathématiques et de maintenir les laits vendus dans les limites de teneur en beurre exigées par la police.

Un lait qui contient 4, 5 de matière grasse pour cent peut être ramené à n'en plus contenir que 3, 2, et il sera encore considéré comme acceptable et comme loyal par les chimistes officiels.

Il ne paraît pas y avoir de remède à cet état de choses : un laitier qui possède une étable de vaches hollandaises pourrait très bien livrer du lait ne contenant que 28 à 30 grammes de beurre par litre, et cela sans avoir écrémé ni mouillé; on a donc été conduit à fixer une limite, arbitraire d'ailleurs, pour la teneur minima en matière grasse.

L'écrémage peut se reconnaître à la variation de la caractéristique dans le procédé Quesneville; mais cependant comme pour le mouillage, on doit être très réservé dans les conclusions.

Le D[r] Quesneville donne la formule

$$e = 100 \frac{K - C,}{K - c} \text{ dans laquelle}$$

e désigne l'écrémage,
C .. la caractéristique du lait en expérience,
c .. la caractéristique du lactoserum,
K .. un coëfficient variable avec les laits 3,9 à 4 ou plus.

Examen du lait maintenu à la chaleur. — On peut avoir, dans la pratique, non seulement à se préoccuper des falsifications du lait mais de sa qualité naturelle, de son état de conservation plus ou moins bonne; le lait est un des milieux les plus favorables au développement des organismes et il peut être intéressant de savoir s'il contient déjà des germes de maladie.

Or ces germes n'ont pas toujours une action immédiate et visible, il y a pour ainsi dire dans leur développement une période d'incubation qui correspond à la vie de quelques organismes à peine. Cette période de calme peut être longue si les conditions favorables au développement de ces petits êtres ne sont pas toutes remplies, si le liquide est à basse température par exemple. Dans ce cas aucun phénomène particulier ne s'observe, le lait paraît normal, son goût peut rester doux et agréable et le palais le plus délicat d'un dégustateur ne saurait découvrir cette maladie qui couve et qui va éclater d'un moment à l'autre avec toute sa puissance de désorganisation. La maladie est latente pour ainsi dire, mais elle existe et dans certaines industries, dans la fabrication du gruyère par exemple, il est utile de la découvrir à temps parce qu'un mauvais lait peut gâter toute une fabrication; quelques litres de lait de mauvaise qualité suffisent à compromettre la réussite d'un fromage fabriqué avec des milliers de litres de bon lait Cet accident se chiffre par une grosse perte d'argent.

Pour déceler la présence des organismes, il suffit de

rendre le milieu le plus favorable possible à leur développement. S'ils existent, ils vont se reproduire avec l'effrayante rapidité d'une progression géométrique à raison beaucoup plus grande que l'unité et leur présence sera bientôt signalée par la désorganisation du lait en expérience.

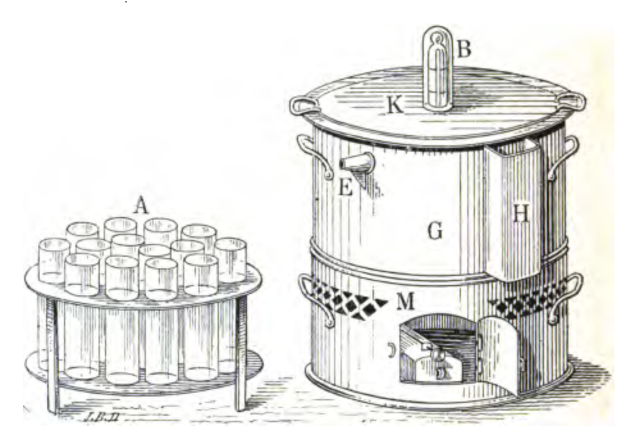


FIG. 10. — EXAMEN DU LAIT MAINTENU A LA CHALEUR.

Or on a reconnu qu'une douce chaleur facilitait singulièrement la multiplication des microbes : à 35° ou 40°, la vie de ces petits êtres est extrêmement active et du lait ensemencé maintenu à ces températures se décompose très vite.

L'expérience paraît facile à faire dans la pratique; en réalité elle ne devrait être accomplie, pour être concluante, qu'avec des précautions minutieuses de stérilisation des vases et de l'atmosphère ambiante.

Il serait bon d'introduire le lait suspect dans des vases préalablement stérilisés et flambés et de n'admettre

au dessus des liquides que de l'air débarrassé de tous germes de maladie.

Ces précautions délicates excellentes et nécessaires dans un laboratoire sont inadmissibles en pratique.

Les conclusions à déduire d'un essai à la chaleur ne seront donc pas toujours rigoureusement fondées si la désorganisation se produit, car les germes pouvaient venir des vases ou de l'air; mais un lait reconnu sain après avoir été maintenu à une douce chaleur pendant assez longtemps, est certainement de bonne qualité.

A défaut d'étuve à air, on peut, dans la pratique, se servir d'un bain-marie dans lequel on maintient des éprouvettes de verre remplies des laits à essayer.

Il faut nécessairement prendre toutes les précautions possibles de méticuleuse propreté : bien rincer les éprouvettes avant les essais et les maintenir constamment fermées par un couvercle métallique ou un bouchon flambé.

La température du bain-marie la plus favorable au rapide développement des germes paraît être de 40°; on doit la conserver toujours entre 39° et 41°.

Ce n'est qu'au bout de 9 à 12 heures, que l'on peut procéder à l'examen du contenu des éprouvettes.

Après ce temps écoulé, on les retire une à une, on vérifie l'odeur, le goût des laits et surtout on examine avec soin leur aspect nouveau.

D'après le docteur Gerber qui a fait un très grand nombre d'essais par ce procédé, un lait sain ne doit pas être caillé après douze heures de chauffe.

Les laits malades se transforment :

Ils se caillent ou gonflent; on voit des caillés dans lesquels s'observent de longues traînées blanchâtres ou des flocons caséeux; quelquefois le lait a déposé des précipités rouges bruns ou jaunes, ou bien il s'est séparé en plusieurs couches étagées.

Sans rechercher à quels microbes sont dues ces fermentations anormales, il est bon de rejeter les laits qui se sont désorganisés.

On doit cependant s'entourer de toutes précautions contre les erreurs possibles provenant d'une contamination accidentelle.

Il est bon de faire les essais en double ou triple et de les répéter sur les laits suspects plusieurs jours de suite.

En Suisse, ce mode d'épreuve est très adopté; les expériences sont conduites avec grand soin, elles sont citées dans les contestations portées devant la justice.

Lorsqu'elles ont ce caractère officiel, on se prémunit contre toute tentative de fraude ou de substitution d'éprouvettes; les tubes sont remplis puis examinés devant témoins et pendant tout le temps de la chauffe, l'étuve ou le bain-marie sont maintenus sous scellés ou sous plombs.

A notre avis, cette épreuve à la fermentation est très intéressante et mériterait d'être plus connue et plus appréciée chez nous. On reproche à la méthode, sa grande lenteur : ce n'est qu'après douze heures d'attente que l'on est à même d'accueillir ou de condamner un lait suspect. C'est là en effet un gros inconvénient, mais il paraît irrémédiable.

On a imaginé en Allemagne une nouvelle méthode qui donne des résultats plus rapides. Si l'on mélange parties égales de lait et d'alcool à 68° Gay Lussac, il se fait immédiatement un coagulum pour peu que le liquide ait déjà subi un commencement d'altération par les ferments. Si le lait est très peu attaqué, le mélange ne se trouble à l'étuve à 40°, qu'après quelques heures de chauffe.

Un lait qui peut résister sans donner de coagulum à cette épreuve prolongée pendant six heures est certainement de bonne qualité.

CHAPITRE IV

COMMERCE DU LAIT EN NATURE, PASTEURISATION TRANSPORT, VENTE, INSTALLATION D'UNE LAITERIE. — CONSERVATION DU LAIT

Commerce du lait en nature. — En principe, ce commerce paraît des plus simples puisqu'il s'agit d'une simple réexpédition d'une matière qui est au départ, ce qu'elle était à l'arrivée; mais en pratique ce transport, le délai qu'il nécessite sont autant de causes d'altération contre lesquelles il est nécessaire de se défendre.

Ordinairement les laiteries reçoivent au lieu d'expédition le lait en nature soir et matin et le plus souvent pour les grandes villes, pour Paris en particulier, le transport doit se faire la nuit, afin que le lait arrive pour le déjeuner du matin et l'approvisionnement de la journée.

Il est donc tout d'abord indispensable de disposer de moyens de conservation du liquide à l'usine de départ.

Le lait est recueilli dans la campagne par des entrepreneurs de transport ou par les voitures de la laiterie il est transporté dans des vases dont la contenance la plus communément adoptée est de vingt litres.

Ces bidons, ronds ou carrés, sont fabriqués en tôle de fer ou mieux d'acier emboutie à chaud ou de préférence à froid; les angles doivent en être arrondis et faciles à atteindre dans le nettoyage.

Ces pots sont fermés à la partie supérieure par un bouchon de tôle emboutie; la fermeture est rendue hermétique par un serrage approprié et les outils de fermeture sont disposés de manière à recevoir un cachet ou un plomb empêchant l'ouverture des vases pendant la route.

Tous les vases et accessoires sont fortement étamés après leur fabrication pour être préservés d'une oxydation qui serait rapide et communiquerait un mauvais goût au liquide.

A l'arrivée à l'usine, tous les bidons sont examinés, goûtés, contrôlés à l'analyse s'il y a quelques doutes sur la qualité du lait, et finalement versés dans un grand réservoir commun après filtration sur des tamis métalliques.

Ce mélange a pour but de rendre le lait homogène, de permettre au vendeur de livrer à ses clients un lait toujours le même, ce qui peut avoir son importance dans l'alimentation des malades ou des enfants.

Le réservoir général peut être précédé d'un bac d'attente placé sur une bascule. Dans quelques laiteries on pèse le lait au lieu de le mesurer. Cette pesée est bien plus exacte que la mesure du volume; mais malgré ces avantages, elle n'est pas beaucoup entrée dans la pratique, surtout dans nos ventes en France. Le mesurage dans des pots jaugés d'avance est si simple qu'on le préfère encore malgré les erreurs ou les incertitudes causées par les vides de route ou la mousse du lait.

Dans quelques pays, on ajoute à ce moment de la réception, les antiseptiques appropriés, acides borique ou salicylique, carbonate ou bicarbonate de soude, etc.

On a essayé un très grand nombre de substances conservatrices; la lumière sur l'action d'un grand nombre d'entre elles n'a vraiment été faite que depuis les inté-

ressantes recherches de MM. Arthus et Pagès. Ces savants ont fait voir que la coagulation du lait était due à la formation d'un composé de chaux et de caséine.

Pas de chaux, pas de coagulation.

Cette remarque curieuse explique les effets du carbonate de soude, par exemple, qui isole la chaux à l'état de carbonate; il en est de même du phosphate de soude qui donne aussi un précipité insoluble.

Les physiologistes dont nous parlons ont trouvé que l'oxalate d'ammoniaque et le fluorure de sodium empêchaient très bien toute coagulation. Il se forme dans ce cas de l'oxalate de chaux ou du fluorure de calcium insolubles. Il est évident que l'on ne pourrait songer à employer dans la pratique l'oxalate d'ammoniaque qui est un poison mais on pourrait se servir et on s'est déjà servi du fluorure de sodium; peut-être pourrait-on prendre le fluorure de chrôme, mais tous ces corps ne doivent être introduits qu'avec grandes réserves dans un aliment tel que le lait qui est souvent destiné aux estomacs débiles des malades ou des enfants.

On a préconisé la conservation du lait par l'eau oxygénée ou par l'électricité qui agit probablement en donnant des produits ozonés; comment ces composés oxygénés agissent-ils? c'est ce que nous ne saurions expliquer.

Tout au moins nous ne saurions approuver l'emploi de l'eau oxygénée qui peut contenir du chlorure de baryum ou du fluorure de baryum, et l'on sait que les sels de baryte sont de violents poisons.

Il va sans dire qu'alors même qu'une addition de substances étrangères appropriées serait tolérée par les lois du pays, elle est complètement à déconseiller. Le consommateur demande du lait et non une drogue; dans les temps chauds et orageux, le vendeur tend à forcer les

doses des antiseptiques, qui, ajoutés en trop grande quantité, peuvent devenir dangereux pour l'alimentation. Il n'y a que deux procédés à recommander pour la conservation prolongée du lait : c'est le chauffage ou la stérilisation par la chaleur, la pasteurisation, ainsi qu'on l'appelle aujourd'hui, en témoignage de reconnaissance des utiles travaux de notre illustre savant français Pasteur, ou bien le maintien du lait à basse température.

Nous allons passer en revue les diverses méthodes de chauffage ou de stérilisation.

Appareils de chauffage du lait. — Le chauffage du lait se pratique soit pour les opérations du transport ou de la conservation, et dans ce cas c'est une pasteurisation à la température de 60 à 70°; pour l'alimentation des centrifuges, la mise en présure, la température à obtenir ne dépasse pas 35° à 40° au maximum. Les appareils de refroidissement sont les mêmes que ceux de chauffage, et une circulation d'eau froide remplace seulement les circulations de liquide chaud ou de vapeur.

Le mode de chauffage le plus simple consiste à mettre la marmite contenant le lait au-dessus du feu d'un foyer. Ce moyen primitif est encore assez employé dans les fromageries de Gruyère, par exemple, mais il est évident qu'il est mauvais.

Le lait se brûle facilement par la chaleur et conserve alors toujours un désagréable goût de cuit : le chauffage rationnel doit être ordonné de telle sorte que la température du lait à chauffer ne dépasse jamais celle qu'il doit atteindre.

On a adopté dans les fromageries des chaudières à double fond. Dans l'intervalle on peut mettre de l'eau que l'on chauffe soit directement c'est le chauffage au bain-marie, soit mieux par la vapeur.

Le chauffage à la vapeur permet d'utiliser les vapeurs d'échappement, il a de plus l'avantage d'être instantané, mais comme la vapeur est à une température notablement supérieure à celle que peut atteindre le lait sans inconvénient, il est nécessaire d'agiter continuellement le liquide pour l'empêcher de séjourner en certains des points de la surface et de se surchauffer.

On a adopté aujourd'hui certaines dispositions spéciales facilitant cette agitation.

Une des premières en date est due à Fesca, ingénieur allemand; elle est d'ailleurs tellement simple et naturelle, qu'elle correspond pour ainsi dire à l'idée de tout le monde.

Un bac ou cylindre vertical en tôle de cuivre ou de fer étamé est renfermé dans un deuxième cylindre-enveloppe; l'intervalle vide est parcouru par la vapeur qui entre par le haut et sort par la partie inférieure liquéfiée en partie.

Le lait arrive par un système de deux tubes à peu près parallèles et verticaux; ces deux tuyaux aboutissent à un orifice unique par lequel est amené le lait à chauffer. Ce dernier tube est à l'extérieur, tandis que les deux tubes verticaux sont dans le réchauffeur et pénètrent jusqu'au bas du vase. Le système est animé d'un lent mouvement de rotation; 20 à 40 tours suffisent pour empêcher le lait de se brûler au contact des parois.

Le chauffage est bien méthodique, le lait froid arrivant par le bas du vase alors que le lait chaud s'écoule sans pression à la partie supérieure.

Le pasteurisateur du docteur Fjord ne diffère de l'appareil précédent que par quelques détails; le lait pénètre par le bas du cylindre intérieur et l'agitation est produite par un instrument spécial.

Le pasteurisateur consiste en un réservoir de bois D dans l'intérieur duquel est le réservoir de tôle étamée.

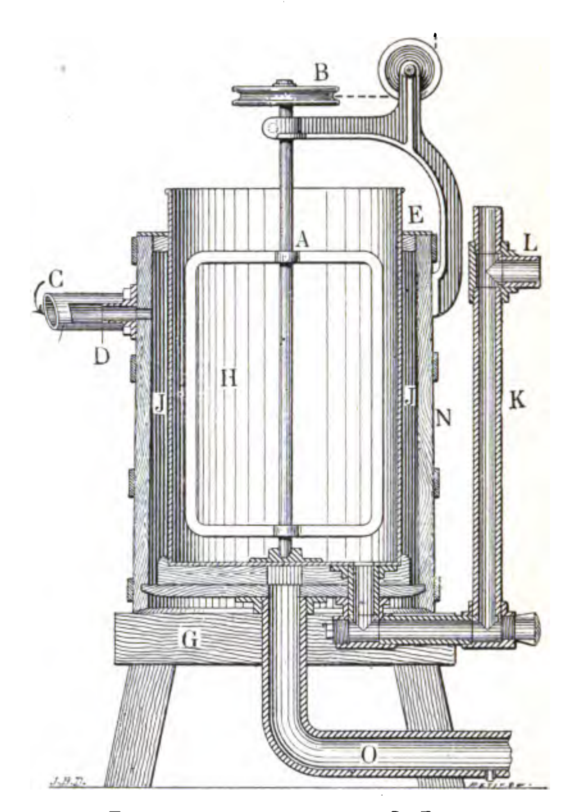


FIG. 11. — PASTEURISATEUR DU D[r] FJORD.

Sur le côté en E, sont deux ouvertures par lesquelles pénètrent deux tuyaux qui amènent l'un de la vapeur d'échappement, l'autre de la vapeur vierge destinée au besoin à réchauffer plus rapidement le lait en expérience

Au fond est le tuyau de sortie de la vapeur et de l'eau condensée ; il débouche à l'air libre.

Dans ce réservoir est placé le deuxième cylindre qui doit recevoir le lait; ce deuxième vase est en cuivre étamé, il contient 75 litres environ. Dans l'axe de figure passe une tige de fer étamé qui soutient un rectangle en fer plat étamé également, c'est un agitateur qui est mis en mouvement par une roue d'angle ou simplement par une corde ronde en cuir, passant dans une poulie à gorge montée sur l'arbre. Pour être à même de prendre le mouvement sur un arbre quelconque, on place à côté de cette première poulie deux galets à gorge qui servent d'intermédiaires de mouvement.

La palette doit faire à peu près 130 tours; il est très important de songer à la mettre en mouvement avant l'arrivée du lait et de ne donner la vapeur que lorsque le vase est entièrement rempli et commence à déborder; il est évident que sans ces précautions on s'exposerait à brûler le lait.

C'est dans le même ordre d'idées qu'il est bon de ne pas introduire d'écume avec le lait. On parvient très facilement à l'en débarrasser, en faisant passer le lait dans un récipient intermédiaire qui débite par le bas au moyen d'un tube recourbé en siphon; de la sorte, toute l'écume séjourne dans ce vase intermédiaire sans être entraînée dans le réchauffeur.

Sur le trajet du lait à sa sortie, on a ménagé l'emplacement d'un thermomètre; il faut attentivement consulter la température pour régler l'afflux de liquide par le robinet d'alimentation. Au bout de quelques tâtonnements on arrive à déterminer la position du robinet pour une température connue; il est préférable en toutes circonstances de ne chauffer que juste au point nécessaire, car l'acidification du lait ne fait qu'aug-

menter sous l'influence de la chaleur et on pourrait parfois arriver à une coagulation.

Il est intéressant de calculer le débit maximum de ces réchauffeurs : celui dont nous venons de donner la description a environ 50 centimètres de diamètre sur 50 centimètres de hauteur, c'est à peu près 3/4 de mètre carré de superficie. Par cette surface il passe dans les conditions ordinaires de la pratique environ 7500 calories à l'heure.

Supposons qu'il s'agisse de pasteuriser du lait à la température de 65 en partant de 15. C'est une élévation de température de 50°, et la chaleur spécifique étant de 0,92 pour le lait complet, c'est une dépense par litre de 46 calories.

L'appareil en peut donner plus de 1300 et chauffer par conséquent à la température voulue, environ 300 litres de lait à l'heure; ces rendements théoriques peuvent être dépassés sensiblement dans la pratique, parce que la tôle de cuivre est très mince et que le lait bien protégé contre le refroidissement par l'adjonction d'un couvercle à la partie supérieure du pasteurisateur est maintenu toujours en mouvement. Les appareils récemment construits pasteurisent de 1250 à 2250 litres de lait à l'heure, température 75°.

Tel que nous venons de le décrire, cet appareil est un des meilleurs et des moins coûteux que l'on puisse rencontrer; la chaleur y est convenablement utilisée, et le lait reste soustrait suffisamment au contact des germes atmosphériques lors de son refroidissement dans un appareil qui peut être identique à celui-ci.

Les réfrigérants ou réchauffeurs qui sont encore les plus fréquemment employés à l'heure actuelle, consistent en un faisceau de tubes horizontaux, communiquant alternativement par l'une et l'autre de leurs extrémités;

on peut se les figurer en se représentant les lignes d'un livre reliées entre elles alternativement par des lignes

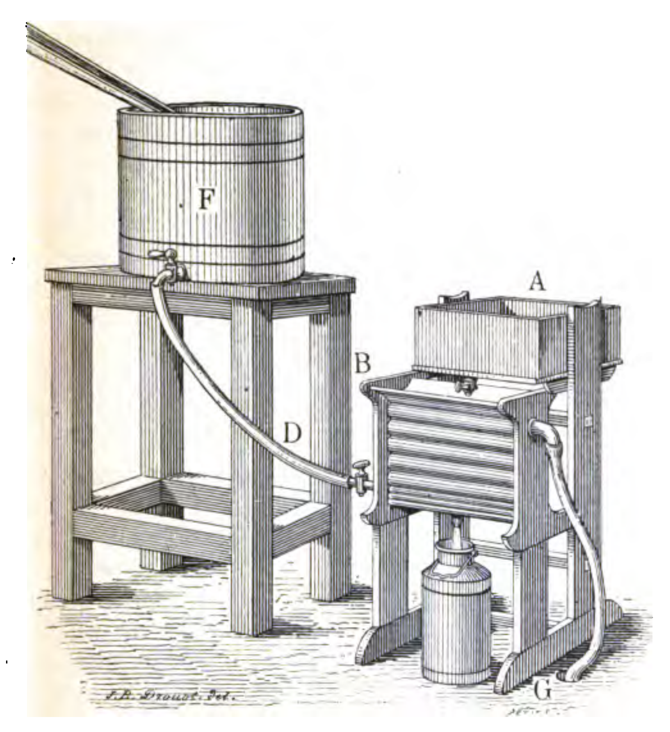


Fig. 12. — Réfrigérant Pilter.

verticales à droite puis à gauche, puis à droite, etc., de manière à constituer une ligne continue repliée sur elle-même.

Ce tuyau unique est alors parcouru par un courant d'eau froide ou d'eau chaude, selon que l'on veut

l'employer comme réfrigérant ou comme calorisateur.

L'eau arrive par le bas pour sortir par le haut, tandis que le lait déversé par une gouttière sur le tube horizontal supérieur tombe en cascade d'un tube sur l'autre en recouvrant chacun d'eux d'une mince pellicule très propre à recevoir l'impression de la température du courant d'eau.

Cette disposition peut être variée de bien des façons.

On a construit par exemple ces réfrigérants en tôle ondulée. Deux parois de tôle ondulée comprennent entre elles un espace qui est parcouru de bas en haut par le liquide calorisateur. On a disposé même ces tôles ou ces surfaces métalliques de manière à chicaner le liquide chaud, qui serpente comme dans les tuyaux de l'appareil précédent, fig. 13 et 14.

Calorisateur de Laval. — L'ingénieur de Laval a imaginé de constituer ces capacités par une suite de disques lenticulaires sur lesquels le lait s'étale très bien lorsque l'appareil a été dressé parfaitement dans la position verticale au moyen de vis calantes, fig. 16.

L'intérieur des disques est divisé par des chicanes, la circulation de l'eau froide est donc convenablement utilisée; le réchauffeur est à bain-marie, c'est-à-dire que la vapeur ne chauffe pas directement les lentilles métalliques, mais qu'elle vient se condenser dans de l'eau qui remplit tout le système.

Il est évident que tous ces réchauffeurs ou réfrigérants peuvent être variés sans grandes difficultés dans leur forme ou leur construction générale.

Au point de vue rigoureux du but à remplir ils sont tous et à peu près au même degré d'excellents utilisateurs de la chaleur, puisque le calorisateur chaud ou froid est entouré du liquide sur lequel il doit agir.

L'appareil fonctionne bien surtout comme réfrigérant.

Le lait tombe toujours en cascade de haut en bas, et il s'établit un courant d'air ascendant en sens inverse du

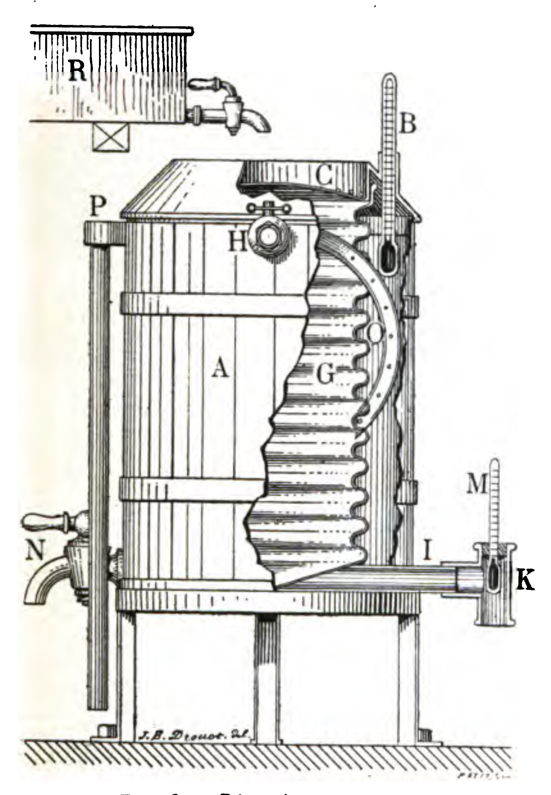


Fig. 13. — Réfrigérant allemand.

mouvement du liquide. Cet air enlève la vapeur d'eau, facilite l'évaporation et contribue puissamment au refroidissement, on arrive à des utilisations parfaites, et si l'on calcule par exemple, d'une part, la quantité de chaleur

emmagasinée par l'eau entrant froide en bas et sortant chaude en haut, d'autre part la chaleur perdue par le lait qui se refroidit, on arrive presque à l'égalité.

Mais si l'on ajoute à la considération précédente celle du

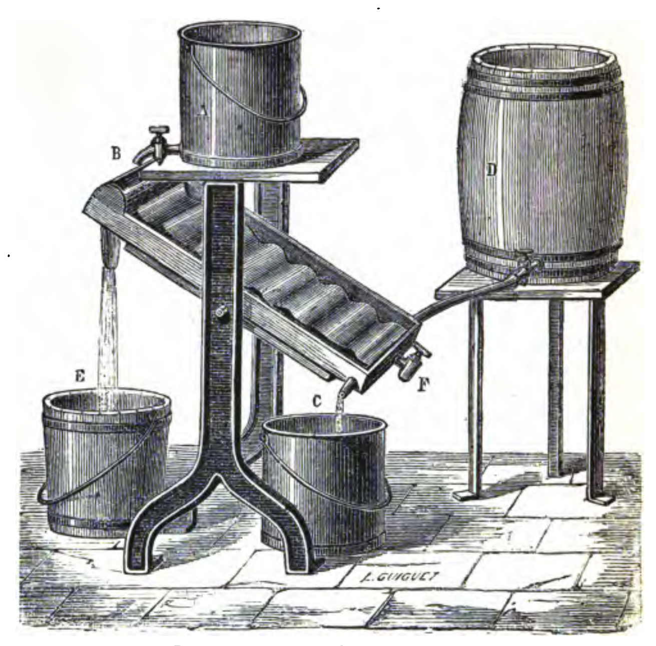


Fig. 14. — Réfrigérant Chapelier.

sort du liquide en expérience, on aperçoit à ces appareils un défaut qui dans certaines circonstances peut être grave.

Dans le pasteurisateur de Fjord, le lait n'était que relativement peu exposé au contact de l'air.

Dans toutes les dispositions dont nous venons de parler non seulement l'accès de l'air est large et libre, mais

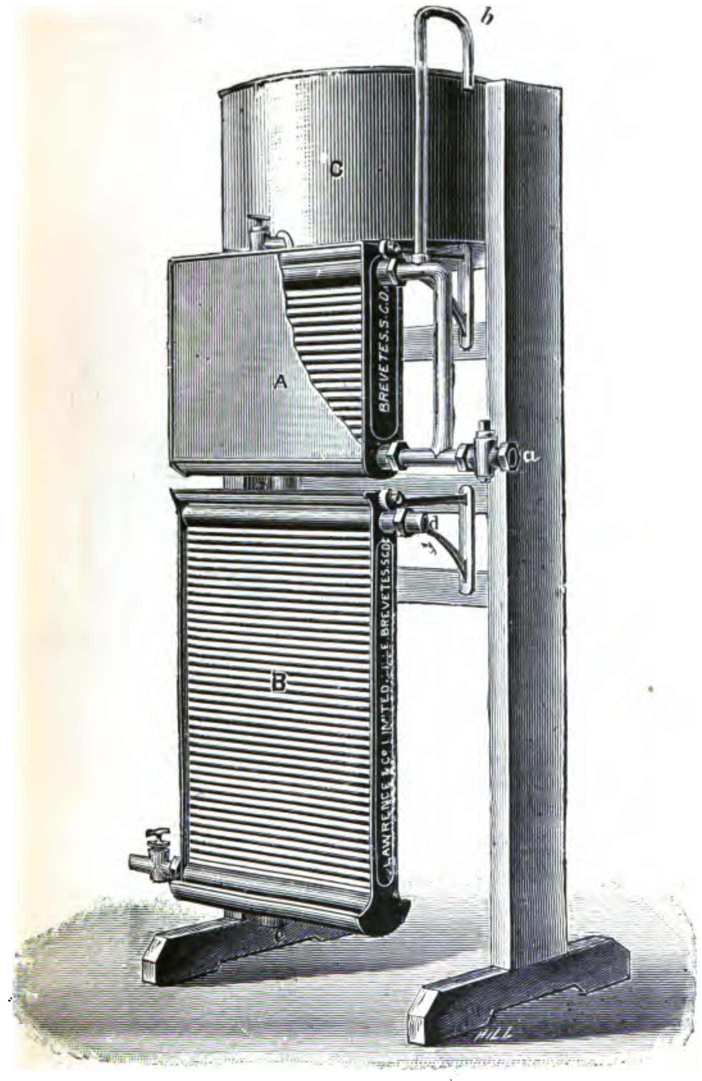


Fig. 15. — Réfrigérant Lawrence. Échelle $\frac{1}{10}$.

on utilise même le courant atmosphérique pour hâter le refroidissement. Il suit de là que le lait est exposé en large surface à l'ensemencement des germes atmosphé-

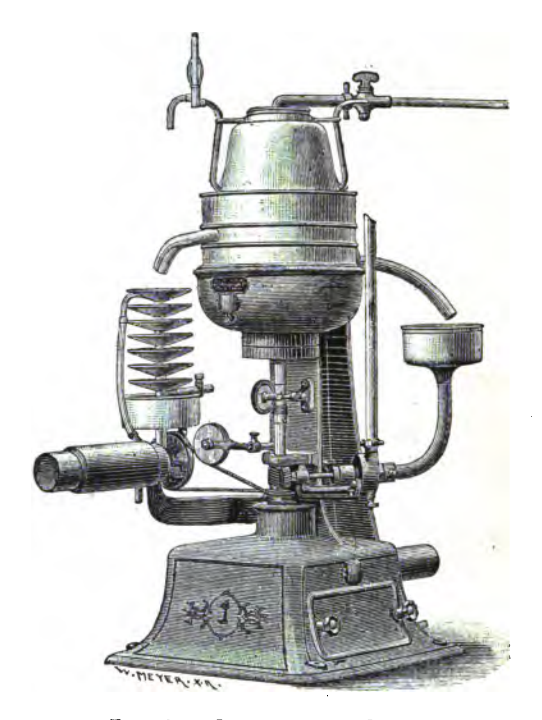


FIG. 16. — CALORISATEUR DE LAVAL.

riques ; certains de ces petits êtres dangereux peuvent demeurer dans le liquide et y occasionner par la suite de désastreuses transformations.

Ce peut être un inconvénient lorsqu'il s'agit d'un liquide aussi altérable que le lait.

C'est pour éviter cette action nuisible de l'air que

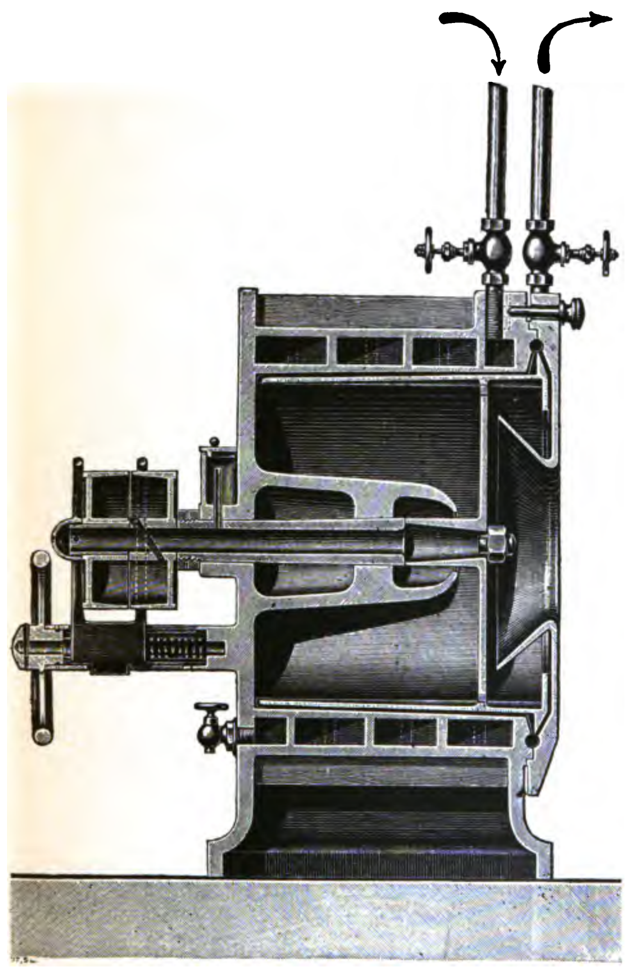


Fig. 17. — Pasteurisateur Excelsior; coupe verticale.

l'on a cherché à construire des réfrigérants fermés.

Il y a quelques années un ingénieur distingué, M. Dillemann, avait eu l'idée de construire un calorisateur composé d'une suite de plaques très minces de laiton étamé, disposées comme le sont les feuilles de papier dans le cadre d'un osmogène.

L'eau et le lait circulaient en sens inverse.

Cette ingénieuse construction, aurait mérité d'être plus répandue : le démontage est facile, le nettoyage des plaques rapide et commode : la circulation méthodique donne une utilisation parfaite du calorique et l'occlusion est complète, l'accès de l'air tout à fait impossible.

Pasteurisateur « Excelsior ». — Cet appareil tout nouveau encore, a été imaginé et construit par l'ingénieur allemand Lefeldt. Le pasteurisateur Excelsior consiste en un tambour tournant autour d'un axe horizontal à la vitesse de 800 tours; il est compris à l'intérieur d'un autre cylindre fixe dont les parois creuses peuvent être chauffées à la vapeur, fig. 17.

Le lait introduit du côté de la partie droite sur le dessin pénètre à l'intérieur du tambour par des petits trous ménagés à la circonférence, il se répand sur la surface du tambour mobile, contourne ses parois et circule alors entre le cylindre mobile et le cylindre fixe séparés l'un de l'autre par un intervalle qui est seulement de huit millimètres.

A son contour extérieur, le tambour mobile porte quelques palettes qui, en tournant dans une gaine fixe, font office de pompe rotative : le lait est aspiré puis refoulé à une hauteur qui peut à volonté être poussée jusqu'à quatre mètres.

Les avantages de ce pasteurisateur sont sensibles et réels : les liquides sont pasteurisés à fond car toutes leurs molécules viennent successivement en contact avec la paroi chaude; la pasteurisation se faisant avec pression,

le liquide peut être porté sans bouillir à une température supérieure à celle de son ébullition et l'on sait qu'à 115° environ tous les germes de maladie sont tués, enfin la circulation continuelle du liquide empêche tout dépôt et toute incrustation.

L'appareil est en somme très simple, bien disposé au

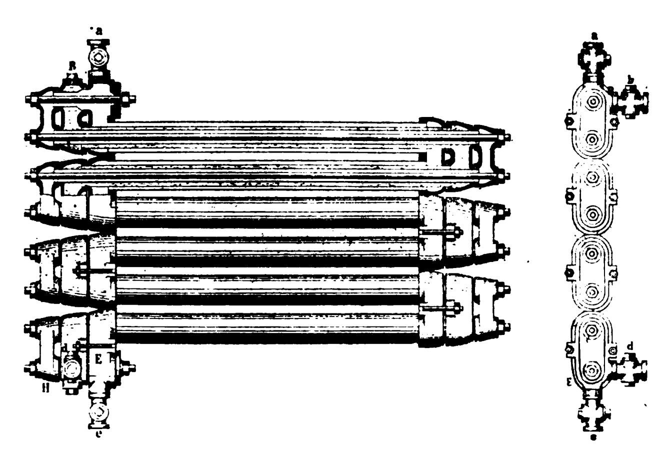


Fig. 18. — Calorisateur Hignette.

point de vue mécanique, on le monte et on le démonte en quelques minutes; il occupe à peine un demi-mètre carré pour un débit de mille litres de lait pasteurisés à l'heure (1).

Calorisateur Hignette. — M. Hignette a appliqué à cet échauffement du lait, l'échangeur de température imaginé par Collet et utilisé déjà dans un grand nombre d'industries, fig. 18.

L'appareil, qui est continu, se compose d'un système de deux ou mieux de trois tubes concentriques.

(1) Journal *la Laiterie.*

S'il y en a trois, le lait est compris entre le premier et le troisième tube; à l'intérieur du premier tube et entre le second et le troisième circule l'eau servant de calorisateur.

Chaque élément des trois tubes concentriques est rendu fixe par deux joues latérales placées l'une et l'autre à chacune des extrémités et réunies par un boulon. Si l'on dévisse l'écrou de ce boulon, les joues se retirent, les tubes sont libres et par conséquent on peut les nettoyer, les visiter, les remonter avec la plus grande facilité.

Si l'on a un ensemble de plusieurs éléments chaque joue réunit à une extrémité les deux bouts de deux éléments différents, de sorte que tout le système constitue une suite de plusieurs tubes parallèles communiquant alternativement à droite, puis à gauche, etc., comme ceux du réfrigérant que nous avons décrit dans les pages précédentes.

Les liquides circulent méthodiquement, ils sont en couches minces de telle sorte que l'échange de température est rapide et l'utilisation satisfaisante.

Dans une expérience faite en grand devant le public, à l'occasion du concours de Saint-Lô en 1890, on a trouvé que sur 1125 calories gagnées par l'eau, le lait avait perdu 892 calories. Le rendement est donc de 80 % à peu près.

Il est facile de concevoir que cet échangeur de température ne doit pas donner d'aussi hauts rendements que les réfrigérants à l'air libre.

Si l'on emploie cet appareil comme réchauffeur par exemple, il est clair qu'une partie du calorique est dissipée en pure perte au contact de l'air, mais ce petit inconvénient disparaît devant les avantages énormes de ces échangeurs ou des Lefeldt; ce sont des appareils de

ce genre que l'on doit certainement préférer dans la grande industrie.

Pour les petites exploitations, pour le chauffage du lait des centrifuges, et en employant des précautions de propreté et de soins, les réfrigérants Lawrence, Pilter, Drouot, Chapellier, etc., donnent des résultats satisfaisants avec un prix d'achat moindre que celui de l'échangeur.

Conservation du lait par le froid. — Il existe un autre moyen de conservation : à des températures basses 2°, 3°, 4° au-dessus de zéro, la vie des ferments de maladie est suspendue; les ferments ne sont pas tués, mais ils n'agissent pas et leur action ne recommence à se faire sentir que si la température remonte à 8°, 10° ou plus, et elle se montre d'autant plus énergique et nuisible que la température se rapproche plus de 20° ou 30°.

Ainsi donc le lait froid n'est pas stérilisé, mais il se conserve longtemps si on le maintient à basse température. Si on le livre à la consommation lorsqu'il est encore froid ou que sa température vient seulement de remonter, il jouit de toutes ses propriétés primitives et présente le même goût fin et délicat, le même arome que s'il venait d'être trait à l'instant même.

Pour refroidir le lait on peut le faire circuler dans de larges gouttières entourées du bain réfrigérant.

Le lait est filtré puis coulé dans des gouttières en cuivre rouge de 50 centimètres de large; recouvertes de simples planches de bois, et immergées à demeure dans un bain de chlorure de magnésium étendu que l'on refroidit par la circulation dans ses tubes d'une dissolution très froide et beaucoup plus concentrée du même chlorure (1).

(1) *Les Machines à glace*, R. Lezé.

Des palettes de petites dimensions et animées d'un mouvement de rotation très lent, 15 tours par minute, mélangent le lait et l'empêchent de geler au contact des parois. On obtient ainsi un liquide homogène à une température de 2° à 4° et inaltérable dans ces conditions.

Ce lait est expédié dans des bidons placés dans des caisses calfeutrées.

Si les circonstances le permettent, on dispose des chambres froides où pénètrent les wagons qui doivent servir au transport.

En séjournant dans ces chambres pendant un temps suffisamment prolongé, les wagons finissent par en prendre la température, et si les parois sont épaisses et construites en matériaux mauvais conducteurs de la chaleur, par exemple avec une double paroi en bois épais et intervalle garni de sciure ou de paille coupée, l'intérieur de ce wagon conserve longtemps la même température et il devient inutile de le garnir de glace pour l'expédition si le voyage ne dure pas trop longtemps.

La figure représente une vue perspective et une coupe d'un appareil destiné à ce travail, et exécuté sur nos plans par M. Deroy, constructeur.

Le lait sorti des bidons est filtré en 1, et s'écoule dans la bassine 2, puis de là son écoulement est réglé par le robinet 3, de façon que la partie affluente remplace celle qui est extraite par le robinet 6 au-dessous duquel on remplit les bidons de lait froid.

Le lait parcourt lentement les gouttières 4, 4, et sa vitesse est réglée de telle sorte qu'il arrive froid à l'extrémité 6. La figure représente deux gouttières semblables parallèles réunies par un tube de communication 5; il est évident que lorsque les dimensions du local le permettront, il sera de beaucoup préférable d'adopter un

seul bac plus long, car les tubes en laiterie doivent être évités à cause des difficultés de nettoyage.

Le dessin montre en 12, à travers la déchirure d'une gouttière, l'arbre muni de palettes que l'on fait lentement tourner au moyen des poulies 11, 11 qui reçoivent le mouvement de la courroie 10.

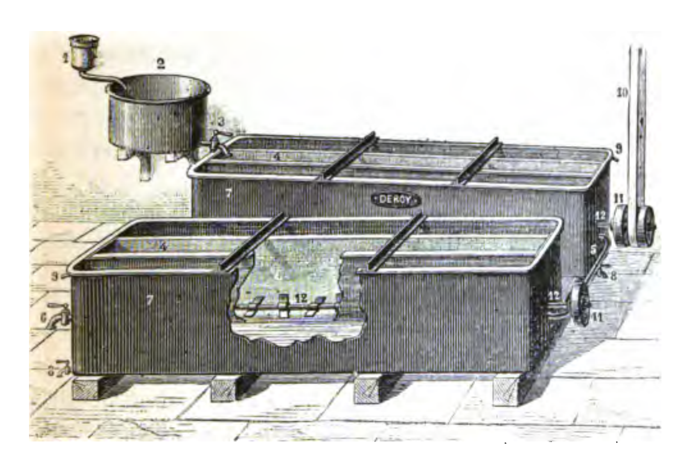


FIG. 19. — CONSERVATION PAR LE FROID. ÉCHELLE $\frac{1}{40}$.

La surface refroidissante est très considérable, et en un quart d'heure le lait peut arriver à la sortie à une température suffisamment basse; le volume débité peut atteindre 50 litres par minute environ.

On essaye depuis quelque temps, et avec succès, de pousser plus loin le refroidissement et d'envoyer dans les villes du lait gelé.

Cette innovation hardie est due en partie à M. l'ingénieur Guérin, qui a constaté, par des expériences nombreuses, que le lait d'abord congelé puis ramené à l'état

liquide possédait toutes les propriétés du lait primitif.

Il est incontestable que, dans ce cas, le transport du lait glacé est déjà plus facile que celui du lait liquide et que ce corps, si altérable dans les conditions ordinaires, se conservera ainsi indéfiniment.

Il y a donc avantage sérieux à congeler le lait; nous devons seulement examiner le côté pécuniaire de l'entreprise et les moyens de transport.

Pour refroidir le lait à 3° ou à 4°, on dépense en moyenne 10 à 15 calories; prenons le chiffre le plus élevé, peut-être que l'on rencontrera dans la pratique de nos climats 20 calories, en supposant alors qu'on descende de la température ordinaire à 0°.

Pour congeler le lait, il faut employer en outre 80 calories à peu près, ce qui donne une dépense totale de 100 calories, soit 5 fois plus que dans la première pratique. La dépense est donc sensiblement plus considérable.

Les machines à glace perfectionnées que l'industrie livre actuellement, donnent à peu près 10 kilog. de glace par kilog. de bon charbon, et ces 10 kilog., représentent de 0° à la température ambiante environ 1000 calories.

On peut donc avec un kilog. de charbon refroidir jusqu'à la congélation 10 litres de lait.

La consommation n'est pas exagérée, puisqu'elle ne grève la marchandise que d'un demi-centime par litre, en mettant le charbon à 50 francs la tonne ou un sou le kilog., chiffre presque partout en France au-dessus de la moyenne.

Dans ce cas, nous pensons que l'on pourrait organiser l'entreprise d'une manière très simple et très pratique.

A l'usine de la contrée on verserait immédiatement les laits provenant de la récolte dans la campagne, dans des

wagons-citernes appropriés, et l'on opérerait la congélation dans le wagon même. On pourrait ainsi, selon la capacité des cuves, expédier le lait par blocs de 1000, 2000, 5000 kilog. dans des wagons qui ne payeraient que le prix minime du voyage sur les rails des compagnies.

A l'arrivée on dégèlerait les blocs, et après un mélange, on emplirait les bidons pour la distribution.

Par ce procédé on n'aurait plus le transport onéreux comme manipulation de ces bidons à lait que l'on détériore si vite par les chocs.

Il ne faudrait comme matériel que bidons au départ : ce sont ceux de la récolte; bidons à l'arrivée, ceux de la distribution; le lait voyagerait parfaitement sain et intact dans le wagon-citerne, la manipulation serait réduite à son minimum et, en somme, il en résulterait une économie par suite de la diminution de main-d'œuvre.

Le mode d'expédition dépend du procédé adopté : si le lait est réellement bien stérilisé par la chaleur, l'expédition peut se faire sans grandes précautions spéciales, surtout si le lait est destiné au commerce du gros. Si l'on fait, par exemple, l'expédition dans des bidons semblables à ceux qui ont servi à apporter le lait à l'usine, il suffit que le couvercle ferme à peu près pour qu'un nouvel ensemencement de germes de maladie soit presque impossible; on expédie les vases fermés empilés dans des wagons ou des voitures quelconques. Nous ne voulons pas avancer l'opinion que des progrès dans ce mode assez primitif de transport seraient à dédaigner dans la pratique; il serait certainement préférable de se servir de pots calfeutrés ou de wagons imperméables à la chaleur, refroidis ou aérés; mais ce que nous voulons dire, c'est que ces améliorations ne s'imposent pas dans nos climats

et des milliers de litres sont livrés journellement à Paris sans plus de précautions particulières.

Cependant, dans le commerce de détail ou dans quelques commerces particuliers qui ont plus spécialement en vue l'alimentation des enfants ou des malades, on désire conserver les avantages de la stérilisation et, dans ce cas, il devient indispensable de conserver le lait stérilisé dans des vases hermétiquement clos.

Le procédé de Dahl pour la fabrication du lait stérilisé est un des plus à recommander; il consiste à enfermer le lait dans des boîtes de fer-blanc, complètement remplies et soudées aussitôt, puis à soumettre ces boîtes à des alternatives de chauffage et de refroidissements plusieurs fois répétés.

La pratique indique les températures les plus favorables à ces manœuvres; en général il ne faut pas trop chauffer. Une trop haute température amènerait la coagulation d'une partie de la caséine et donnerait au lait le goût de cuit si désagréable lors de la dégustation.

D'un autre côté si l'on ne chauffe pas assez, la stérilisation reste incomplète, et ce sont ces deux écueils qu'il faut éviter.

Les laits norwégiens fabriqués par Dahl sont d'une conservation presque indéfinie et d'une stérilisation par conséquent complète, aussi l'ingénieux procédé imaginé par ce savant, a-t-il été souvent adopté par des imitateurs.

Le principal avantage de la méthode de Dahl nous paraît être d'assurer la conservation du lait. Quant à la stérilisation en elle-même, il nous semble que l'on exagère quelque peu son importance.

S'il est incontestable que quantité de maladies graves peuvent se transmettre par le lait, il est non moins évi-

dent qu'il existe partout d'autres véhicules innombrables de transmission des germes.

Ils arriveront aux enfants par les biberons, par l'air, par l'eau qui sert à les laver; ce sont là quantités de portes ouvertes aux dangereux microbes, et il devient fort difficile de les empêcher d'entrer.

Quoi qu'il en soit, comme cette stérilisation du lait a ses partisans et ses adeptes, nous indiquerons sommairement le procédé de conservation du docteur Soxhlet de Munich (1).

Le lait provenant, autant que possible, d'un mélange de laits de plusieurs vaches, est étendu d'eau au degré prescrit par le médecin pour l'enfant considéré; on verse le mélange dans de petites bouteilles de 150 cent. de capacité environ à col étroit, que l'on remplit presque complètement, puis on ferme avec un bouchon de caoutchouc percé d'un trou et portant un tube de verre.

Ces petites bouteilles que l'on ne prépare qu'en nombre suffisant pour la consommation du jour, sont transportées dans une marmite remplie d'eau à un niveau tel que les flacons soient complètement immergés.

On fait bouillir l'eau pendant cinq minutes, puis pendant la chauffe, on enfonce le tube de verre dans le caoutchouc; on réchauffe ensuite ces vases hermétiquemen fermés pendant 35 ou 40 minutes et on laisse refroidir.

Les laits ainsi pasteurisés se conservent plusieurs semaines; pour l'emploi, on réchauffe avant de déboucher.

Tout en approuvant ces précautions, on doit constater qu'elles sont rarement appliquées dans tous leurs détails nécessaires par les marchands; les laits prétendus stérilisés qui arrivent dans les grandes villes sont ren-

(1) Dr Edgar Holzapfel, *Die Milch und ihre Gefahren.*

fermés le plus souvent dans des bouteilles qui ne ferment pas hermétiquement. Quelques commerçants livrent au public des laits bien dépourvus de germes, mais ils sont en petit nombre.

Cependant, sans ajouter grande confiance aux vertus hygiéniques de ces laits stérilisés, nous devons reconnaître qu'au point de vue commercial, la stérilisation présente un avantage réel.

Les laits après le chauffage ou la pasteurisation se conservent plus longtemps, et il en résulte pour le laitier l'avantage de ne pas être obligé de traiter le jour même pour la fabrication de fromages ou de beurres médiocres les quantités de lait qui ont été invendues. Les excédents constituent un des gros écueils de ce commerce de lait en gros, et les industriels sont presque toujours obligés d'établir des fromageries ou des beurreries pour utiliser leurs résidus qui le lendemain seraient perdus sans remède.

Les exigeances croissantes des consommateurs, à propos de la qualité des produits, ont conduit depuis quelque temps à l'expédition de laits en bouteilles cachetées avec le plomb de leur lieu d'origine.

Cette garantie de pureté est sérieuse lorsque le lait est expédié par de grandes maisons dont la probité est établie, mais malheureusement ces certificats ne sont qu'illusoires dans un certain nombre de cas : nous nous sommes laissé dire que certaines de ces bouteilles étaient remplies et cachetées à Paris avec du lait expédié de la ferme dans des bidons ordinaires.

Le dol n'est pas bien grand si le lait est pur, mais la petite fraude existe néanmoins, car le consommateur paie toujours un prix un peu plus élevé pour ces laits de campagne munis de leur certificat de provenance.

Le lait arrivé au lieu de vente, dans les bidons de

fer-blanc, est détaillé ensuite et assez souvent fraudé par les intermédiaires ; en Allemagne et dans quelques autres pays, la vente au détail s'effectue par des voituriers qui transportent le lait dans des bacs cachetés, renfermés et ne laissant sortir que le robinet d'écoulement; malgré toutes les précautions prises, les laits sont assez fréquemment étendus d'eau ou adultérés à l'aide de mixtures plus ou moins étranges; partout, dans l'intérêt de la santé publique, la police exerce un contrôle sur les marchandises offertes, mais la recherche des falsifications est quelquefois délicate. Il existe un facteur que l'on ne peut apprécier, c'est la composition du lait normal, composition moyenne qui reste inconnue, car elle est variable avec les pays, l'alimentation, les races de vache, etc.

La consommation du lait s'est accrue d'une façon considérable dans ces dernières années; elle s'élève à Paris à peu près à un quart de litre par tête et par jour. Dans les pays de lait, en Danemark par exemple, elle est très sensiblement plus forte.

Il est regrettable pour les consommateurs peu fortunés, que la vente du lait écrémé frais et doux, ne se répande pas davantage et soit même interdite dans quelques localités.

Le lait écrémé des centrifuges est un excellent aliment, presque aussi nourrissant que le lait naturel et certainement de digestion plus facile pour les estomacs délicats : il est bien entendu que dans cette vente le commerçant devrait présenter sa marchandise pour ce qu'elle est, pour du lait écrémé et non pour du lait naturel, et que toutes fraudes faciles à constater par un dosage de la matière grasse, seraient rigoureusement réprimées.

Installation d'une maison d'expédition pour commerce du lait en gros. — D'après ce que nous

avons dit, il nous reste peu de choses à ajouter pour décrire l'installation d'une laiterie industrielle.

Les opérations se bornent à pasteuriser le lait, à le refroidir ensuite le plus rapidement possible pour l'entonner dans les bidons.

Les appareils à adopter pour ces différents services sont les pasteurisateurs du docteur Fjord, de Lefeldt, de Pilter, d'Hignette, et comme réfrigérants, les échangeurs de température ou les réfrigérants tubulaires.

Il est presque indispensable d'adjoindre une laiterie pour traiter les excédents : presque toujours cette deuxième usine est mieux placée sur les lieux de la vente, à Paris par exemple; on évite le deuxième transport du lait au retour, et les altérations qui peuvent être la conséquence de ce nouveau délai. Dans la préparation du lait en bouteilles, comme dans la précédente, il est nécessaire d'établir un atelier spécial de rinçage des vases employés. Les bouteilles sont rincées et brossées, les bidons passés à la vapeur, puis à l'eau froide et enfin séchés, l'ouverture tournée vers le bas pour l'égouttage.

CHAPITRE V

UTILISATIONS DIVERSES DU LAIT, KÉFYR, KOUMISS. — SUCRE DE LAIT. — LAIT CONDENSÉ.

Koumiss et Kéfyr. — Sous ces noms on désigne les liquides obtenus par la fermentation en grande partie alcoolique du lait de jument et du lait de vache.

Le koumiss n'offre pas grand intérêt pour nous; la matière première de la fabrication ne se trouve en quantité suffisante que chez les peuples nomades des prairies, et la production du koumiss est destinée à rester assez grossière et très restreinte.

Il n'en est pas de même du kéfyr : préparé avec du lait de vache, la fabrication peut être établie dans tous les centres laitiers, et cela d'autant plus facilement que la préparation du kéfyr est des plus simples.

Comme emplacement, une chambre suffit; il faut seulement qu'elle soit bien close et qu'on en puisse régler la température à volonté.

Comme matériel, une chaudière chauffée à la vapeur pour pasteuriser le lait qui est ensuite coulé après un refroidissement rapide, dans un bac à fermentation préliminaire; on entonne à une température douce, on ajoute les germes de kéfyr que l'on trouve maintenant dans le commerce, et on met en bouteille pendant la fer-

mentation même. Il faut que ces bouteilles soient solides et bien fermées, car elles ont à résister à une pression assez considérable.

On ne connaît pas encore d'une manière certaine la nature du ferment qui agit en cette circonstance, non plus que les produits de son action; il est clair que la fermentation est en grande partie alcoolique.

Le kéfyr constitue une boisson agréable, pétillante, digestive et nourrissante.

Elle est surtout employée dans les usages thérapeutiques. On fait des cures de kéfyr dans les cas de maladies d'estomac, d'anémie, de phtisie, etc., et les résultats paraissent vraiment merveilleux. A quoi faut-il attribuer les propriétés précieuses de cette liqueur? on ne le sait pas encore au juste, mais on est conduit à penser qu'elles sont dues en majeure partie à une transformation de la caséine du lait qui serait devenue entièrement soluble; celle-ci est maintenant insensible aussi bien à l'action de la présure qu'à celle des acides, elle est pour ainsi dire peptonisée.

Il semble donc qu'il y ait dans cette préparation deux fermentations particulières simultanées, l'une, fermentation alcoolique produite par un *saccharomyces,* l'autre, fermentation mystérieuse encore, attribuable sans doute à un des Tyrothrix étudiés par M. Duclaux; il se peut aussi cependant que l'on n'ait qu'une seule fermentation produite par l'*Actinobacter polymorphus* également signalé par M. Duclaux et M. Van Tieghem.

De nouvelles études paraissent nécessaires; il serait surtout intéressant de connaître la marche et les modifications de la fermentation; la pratique montre que le kéfyr jeune n'a pas les mêmes propriétés que le kéfyr préparé depuis quelque temps; on les désigne sous les noms de kéfyr faible, moyen et fort, après 24, 48 et 72

heures de fabrication; la proportion d'alcool va en augmentant avec le temps sans dépasser toutefois 1, 5 environ dans le kéfyr fort.

La matière grasse, comme on le voit, n'intervient pas dans les réactions, le sucre de lait et la caséine sont seuls modifiés et indispensables. On peut, en conséquence, préparer du kéfyr avec du lait plus ou moins écrémé.

Champagne de lait. — Il y a dans la fermentation alcoolique du lait, un ferment spécial agissant sur la lactose; mais en ajoutant du sucre ordinaire, on peut employer la levure de bière comme ferment, dans ce cas le sucre de lait ne subit vraisemblablement qu'une transformation partielle.

Pour 5 litres de lait frais on ajoute 100 gr. de sucre de canne et on chauffe à + 30°; puis on met dans la dissolution un morceau de levure pressée de la grosseur d'une noix préalablement délayé dans 250 gr. de lait environ. Le mélange est placé dans des bouteilles remplies aux trois quarts; on bouche, on ficelle au fil de fer et on abandonne dans un endroit frais, dans une cave par exemple dont la température reste à + 10° ou + 12°, les bouteilles ainsi préparées. La prudence commande d'entourer les bouteilles de linges qui préservent les opérateurs des dangers des explosions. Après deux jours quelquefois, trois jours au maximum, le champagne est prêt.

Il est bon de ne pas chercher à activer la fermentation et de conserver ce koumys particulier, quelques jours dans une cave très froide, à 6° environ, pour que la fermentation s'achève dans de bonnes conditions.

On a proposé de champaniser le lait écrémé avec de l'acide carbonique; le procédé est évidemment d'une exécution très simple, mais nous doutons de la valeur du produit résultant.

Le sucre de lait. — Ce sucre existe tout formé dans le lait naturel, et comme il a reçu quelques applications soit dans la médecine, soit dans les arts, on a cherché à l'isoler, en utilisant pour cette préparation soit le lait écrémé, soit le lait d'égout des fromages ou le wei (1).

La lactose est peu soluble à 10°, une solution saturée ne contient que 14.55 % de ce sucre; à la température de l'ébullition, la quantité de lactose est d'environ 30 %.

Ainsi théoriquement, on voit qu'en concentrant le lait au 1/3 environ, ou en réduisant 3 litres à un seul, on verra apparaître les premiers cristaux de lactose.

Cette solubilité dans l'eau est bien moindre que celle du sucre de canne, et on se procure assez vite la lactose par une simple évaporation. Autrefois, en Suisse, on préparait le sucre de lait en évaporant à feu nu le wei de la fabrication du gruyère, c'est-à-dire en utilisant encore une fois de plus un liquide qui avait déjà fourni du fromage par sa caséine et du beurre par la deuxième cuisson.

Le résidu de ces deux fabrications n'avait plus grande valeur et de petits industriels sont parvenus à gagner quelque argent en travaillant cette matière première que l'on était tenté de regarder comme de nulle utilisation possible.

Quelques-uns de ces fabricants entouraient leur travail d'un certain mystère et laissaient volontiers croire à des secrets de préparation sans lesquels le succès était impossible; ils conservaient, en répandant ces idées enfantines, le monopole d'une fabrication donnant d'assez beaux bénéfices.

(1) Le mot *wei* est employé pour désigner le lait d'égout des fromages en Allemagne, en Danemark, en Angleterre, en Hollande, etc... Nous avons cru d'autant plus opportun de l'adopter qu'il n'existait pas en français de mot spécial pour désigner la chose.

Les procédés étaient cependant des plus primitifs : une évaporation à feu nu permettait de concentrer au tiers et au quart la liqueur résidu de la fromagerie; par refroidissement on recueillait des cristaux que l'on purifiait par une deuxième dissolution dans l'eau, filtration sur le noir animal et cristallisation du liquide clair.

Les quantités de sucre de lait livrées par ces industriels étaient relativement faibles, et les prix se sont maintenus très élevés jusqu'à ce que quelques grandes laiteries se soient également mêlées de cette préparation.

Les premiers procédés ont été notablement perfectionnés : aujourd'hui on pratique l'évaporation dans un vide partiel, afin que la caséine reste parfaitement inaltérée; le liquide refroidi est turbiné, les cristaux sont claircés et raffinés ensuite.

La deuxième cristallisation s'effectue comme celle du sucre candi; la lactose se dépose en magnifiques cristaux sur des ficelles ou des bâtons; on finit par un séchage à l'étuve.

On a introduit dans ce raffinage quelques-uns des procédés usités pour purifier le sucre brut des betteraves; les méthodes proposées par Eugling et Zuf consistent à dissoudre le sucre brut dans l'eau chaude et traiter par 3 millièmes de sulfate d'alumine dissous; on ajoute ensuite 5 millièmes de craie pure et délayée dans l'eau, il se forme au bout de quelque temps un précipité d'alumine hydratée qui se rassemble en quelques minutes à l'ébullition et se dépose au fond de la chaudière; la solution claire que l'on a débarrassée de ses écumes albumineuses est filtrée à travers des poches de feutre, puis sur du noir animal en grain.

Nous avons obtenu de très belles liqueurs limpides en employant comme agent de clarification le noir fin et l'acide phosphorique, puis coagulant les matières al-

buminoïdes par la chaleur et filtrant ensuite comme ci-dessus.

Après cette purification, on concentre la liqueur par une évaporation dans le vide qui permet de réaliser la cuite en grains ou bien de rapprocher suffisamment pour une cristallisation facile; la densité de la solution doit être de 1,3 environ.

Comme les dissolutions de lactose se sursaturent assez facilement, il est bon de déterminer la précipitation par l'addition de cristaux déjà formés et que l'on ajoute au moment voulu.

A cet effet, on trempe les bâtonnets sur lesquels doit se faire le dépôt, dans une dissolution sur le point de cristalliser; les bâtons sont retirés et mis à sécher; la légère cristallisation qui s'est formée partout à leur surface aide à la précipitation ultérieure.

Les chimistes habiles dont nous avons donné les noms ont en outre imaginé d'ajouter de l'alcool à la dissolution de lactose.

Une très faible proportion de ce liquide, 5 $^0/_0$ seulement d'alcool à 92° Gay-Lussac accélère singulièrement le dépôt; une deuxième addition peut être faite quelques jours après pour déterminer une nouvelle précipitation de lactose peu soluble dans l'eau alcoolisée, mais malheureusement la dépense est assez élevée et n'est recouvrée qu'en partie par une distillation fractionnée des liquides qui ne redonne économiquement que 60 % à peu près de l'alcool mis en expérience.

Les prix du sucre de lait sont tellement variables qne l'on ne peut dire au juste si la fabrication est avantageuse; les principaux frais se rapportent à l'évaporation de l'eau et à l'achat des substances employées pour la purification.

Pour obtenir 2 à 3 kilog. de lactose, il faut évaporer 75 à 85 kilog. d'eau, c'est-à-dire dépenser en moyenne 15 ki-

log. de charbon, ce qui correspond à près de 5 kilog. par kilog. de sucre ; le deuxième raffinage représente une dépense supplémentaire à peu près équivalente, et en somme l'extraction correspond à une dépense de 10 kilog. de charbon par kilog. de sucre de lait; c'est au maximum 50 centimes. Si l'on évalue à un taux égal la main-d'œuvre, les frais accessoires, les dépenses en noir animal, sulfate d'alumine et les frais généraux, on arrive à un total qui doit peu s'éloigner de 1 fr. à 1 fr. 15 par kilog. de lactose.

En général, ce prix de revient laisse une marge à un bénéfice.

Fabrication du lait condensé. — Cette fabrication a pour but de concentrer le lait avec ou sans addition de sucre et de l'amener finalement à l'état sirupeux favorable à une longue conservation.

L'évaporation doit se faire à basse température pour que la caséine ne se coagule pas et que le lait puisse être régénéré par une simple addition d'eau; il est en outre nécessaire de ne pas trop pousser l'évaporation afin d'éviter la cristallisation du sucre de lait; la lactose est soluble dans 5 à 6 fois son poids d'eau froide, il faut donc que le sirop préparé contienne environ 25 à 30 pour cent d'eau.

On atteint précisément cette limite dans l'industrie, mais il s'agit de ne pas trop la dépasser et surtout d'éviter la formation de gros cristaux de lactose. Cette substance particulière est peu sucrée, sans procurer l'agréable sensation du sucre, elle craque sous la dent et il semble que le lait contienne du sable; la fabrication est alors défectueuse.

On juge très bien au microscope les défauts d'un lait mal condensé; la lactose apparaît sous forme de losanges n'agissant pas sur la lumière polarisée, cristallisa-

tion orthorhombique; si le lait est bien préparé, les cristaux sont extrêmement petits et ne donnent plus dans ce cas, lors de la dégustation du lait, la désagréable sensation de sable dont nous parlions plus haut.

Le but à atteindre étant bien défini, la fabrication paraît en principe assez simple, puisqu'elle se réduit à une évaporation d'eau, mais en réalité cette préparation du lait condensé est cependant assez complexe et difficile à réussir; on en jugera par la description sommaire qui va suivre.

Disons tout d'abord que dans quelques fabriques on opère sur du lait écrémé en partie ou même en totalité, puis, que dans le but de donner au lait un goût plus agréable, on lui incorpore dans presque toutes les fabriques une assez notable proportion de sucre de canne. Ainsi additionné, le liquide concentré devient moins fluide, plus sirupeux, et cette viscosité fait obstacle à la séparation et à la précipitation de la lactose; le sucre agit aussi comme antiseptique.

Réception et examen du lait. — Le lait destiné à la concentration doit être de qualité absolument irréprochable; le mouillage n'a pas très grand inconvénient, sauf en ce qui concerne la bourse de l'acheteur, mais il faut que le lait soit parfaitement sain; on le goûte, on l'analyse si la chose est possible, mais en tout cas on doit essayer les laits douteux au lactofermentateur. Nous avons décrit ces essais de la qualité au chapitre *Analyses*. Les bidons mauvais devront être refusés, car leur mauvaise qualité pourrait compromettre la bonne conservation de 4 ou 5000 litres de lait (1).

(1) Les laits reconnus acceptables sont ensuite passés à l'écrémeuse centrifuge, et l'on peut supposer que la fabrication part de ce lait écrémé comme matière première.

Chauffage du lait. — Afin d'être parfaitement sûr de la qualité du lait employé, on commence par le chauffer pendant quelques minutes au bain-marie.

Pour cela, on place les grands bidons dans lesquels on a reçu le lait, dans une auge en tôle pleine d'eau chauffée par des vapeurs d'échappement.

Pour être sûr que les laits ne s'altéreront plus dans les chauffages consécutifs et ne courront pas le risque de se coaguler, on ajoute un antiseptique dans les pays où cette addition est permise; on doit éviter les carbonates alcalins, mais on peut sans inconvénient employer l'acide borique ou les borates, ou mieux encore des antiseptiques organiques, l'acide salicylique entre autres.

Après quelques minutes de chauffage à 80° environ, on examine et on goûte le lait des bidons en mettant aussitôt de côté ceux dont le goût ou l'aspect pourrait faire soupçonner quelque altération. On verse ensuite le lait de bonne qualité dans une chaudière de cuivre à double fond, chauffée par la vapeur et on le porte à l'ébullition pendant un temps très court.

On pourrait faire l'addition de sucre dans cette chaudière même; ordinairement on fait écouler le lait encore très chaud sur un tamis dans l'intérieur duquel on a déposé tout ou partie de la quantité de sucre à incorporer.

Ce sucre doit être très pur et de goût agréable, on choisit du sucre en pains provenant de bonnes raffineries ou du blanc provenant de sucreries de cannes. Les premières qualités des sucreries de betteraves, même les plus pures, seraient impropres à cette fabrication.

La proportion de sucre ajouté est de 11 à 13 pour cent de lait travaillé; il est à remarquer qu'en général, d'après les législations des différents pays, l'industriel a avantage à forcer cette proportion, car le sucre est en

partie ou en totalité dégrévé des droits fiscaux et payé alors largement lors de la vente du lait condensé.

La dissolution s'opère avec la plus grande facilité et le



Fig. 19 bis. — Chauffage du lait.

liquide sucré est prêt à passer à la condensation. Dans quelques usines, on lui incorpore cependant, en outre, une petite quantité de gomme adragante; on fait préalablement dissoudre cette gomme réduite en poudre soit dans de l'eau, soit dans du lait, et on l'ajoute au liquide primitif. Cette addition a encore pour but de contrarier la cristallisation de la lactose.

La concentration s'effectue dans des chaudières à vide tout à fait semblables à celles que l'on emploie dans la cuisson des jus de sucrerie, fig. 20 et 21.

L'appareil consiste en un cylindre terminé par deux calottes hémisphériques; à l'intérieur se trouvent un ou plusieurs gros serpentins destinés au passage de la vapeur, en bas est une large valve de vidange. A la partie supérieure est un gros tuyau doublement recourbé destiné à l'entraînement du liquide vaporisé vers le condenseur.

Le vide se fait au moyen d'une pompe à air et à eau; le condenseur est en principe un tube vertical aussi long que possible; si sa longueur pouvait atteindre le nombre de mètres correspondant à une atmosphère, soit $10^{m},33$ environ, on pourrait à la rigueur se passer de pompe et faire fonctionner cet aspirateur comme une trompe.

En pratique, cette disposition ne serait pas acceptable; elle conduirait à placer trop haut l'appareil à cuire et la pompe vient précisément par le vide qu'elle produit, compléter la dépression d'une atmosphère.

La chaudière est naturellement munie des accessoires ordinaires : robinet de rentrée d'air, manomètres indiquant l'un la pression de la vapeur, l'autre le degré de vide, thalpotasimètre donnant la température d'ébullition; le trou d'homme consiste en un disque de bronze dans lequel est enchâssée une glace; il est simplement posé sur une rondelle en caoutchouc et c'est la pression atmosphérique qui le comprime sur cette base en établissant ainsi un joint parfaitement étanche; on le maintient néanmoins par précaution au moyen de deux écrous articulés.

Enfin un tuyau recourbé aboutissant au centre des serpentins et d'autre part au réservoir de lait sucré ou

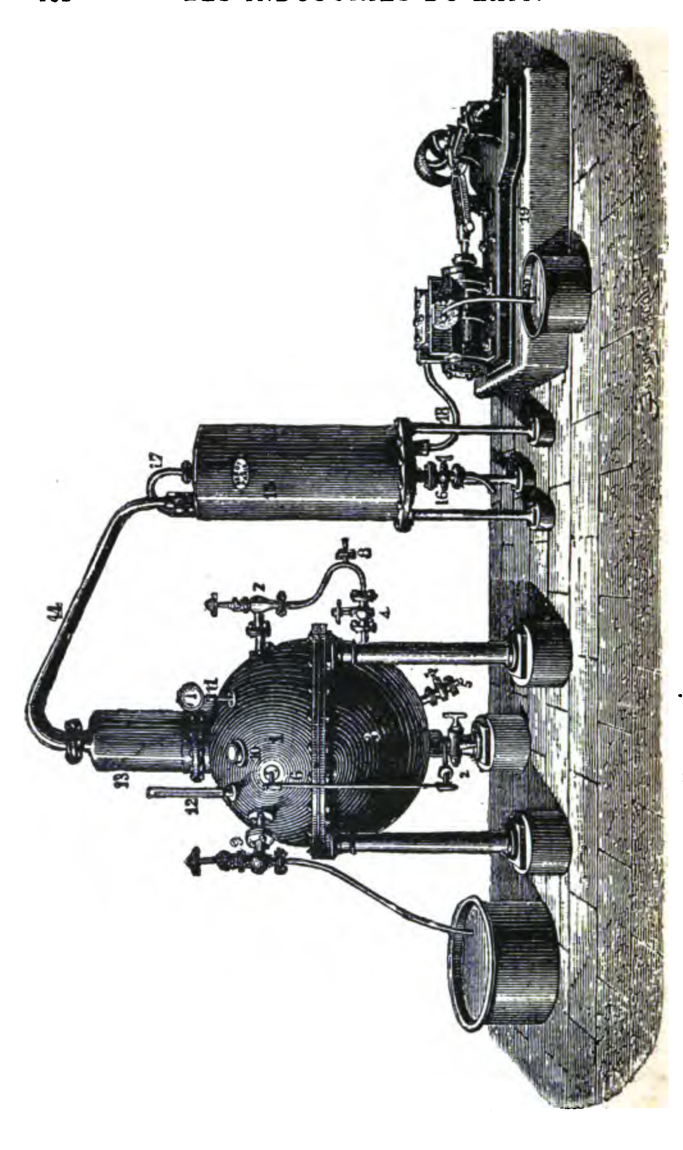


Fig. 20. — Appareil a concentrer dans le vide.

de lait pur, sert à l'introduction du liquide dans la chaudière.

En face de la glace du trou d'homme et à l'extrémité opposée du diamètre, on a enchâssé une autre glace derrière laquelle est une lampe ou un bec de gaz; on voit donc ce qui se passe dans l'intérieur de la chaudière et l'on est à même de suivre les différentes phases de la concentration.

Pour effectuer une condensation ou une cuite, on commence par faire un vide partiel dans l'appareil et on y fait arriver du lait pur qui pénètre sous l'influence de la pression atmosphérique. Lorsque le niveau a dépassé le premier serpentin on donne doucement la vapeur en modérant le condenseur; l'ébullition se produit tumultueuse et la conduite de l'opération est à cet instant très délicate : l'ouvrier tient, d'une main, le robinet de vapeur qu'il quitte de temps à autre pour manier la valve d'introduction du lait; de l'autre main, il fait au besoin fonctionner le robinet de rentrée d'air pour modérer l'ébullition qu'il surveille par le hublot. Si le lait bouillait trop vite ou s'envolait, il en résulterait une perte de matière par l'entraînement dans le condenseur.

Peu à peu, l'ébullition se modère, on augmente le vide et on commence à alimenter avec le lait sucré; la difficulté ou le tour de main consistera à empêcher le grain de se produire; s'il apparaît sur les glaces de niveau, si on sent des cristaux en prenant des preuves, on force l'alimentation pour les dissoudre.

Après quelques tâtonnements l'opération se régularise, le thermomètre (thalpotasimètre) est maintenu aux environs de 45°, la dépression est de 50 à 60 centimètres de mercure; il y a là pour l'ouvrier cuiseur une marche normale à établir, l'alimentation est continue

et elle est réglée de telle sorte que la température reste à peu près constante.

Peu à peu le niveau du liquide s'élève, lorsqu'il dépasse le 2e serpentin, on donne un nouveau passage de vapeur par ce tuyau et enfin on arrive à remplir presque entièrement la chaudière. On active un peu

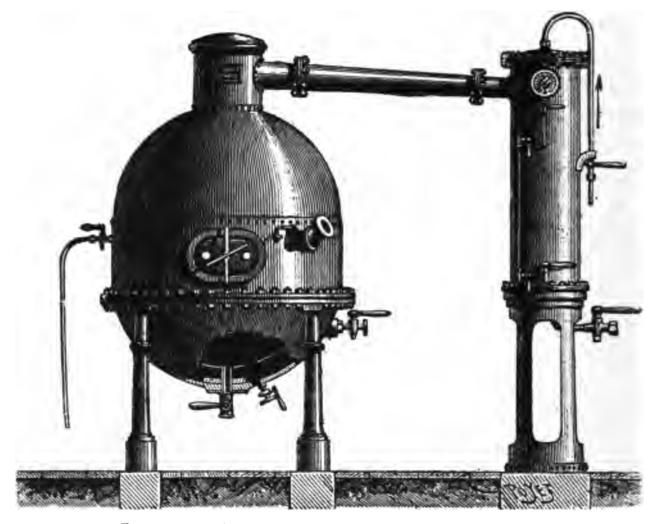


FIG. 21. — APPAREIL A CONCENTRER DANS LE VIDE.

l'évaporation, on diminue l'alimentation et on examine souvent le liquide en prenant des preuves par l'intermédiaire d'une sonde ou d'un appareil d'isolement. Le cuiseur laisse couler une petite quantité du lait concentré sur le doigt et examine comment se comporte le liquide : si le lait coule au bas du doigt en gouttes fluides, on continue l'évaporation; si le liquide reste rassemblé en gouttelettes sphériques, sirupeuses, ne mouillant pas, l'opération est terminée.

Il est prudent de contrôler cette fin de l'opération par une prise de densité au moyen d'un aréomètre. Le lait concentré à point doit peser de 1270 à 1300 grammes le litre, à la température ordinaire.

Il faut atteindre ce degré de concentration, sans quoi le lait n'aurait pas la consistance exigée par le commerce : il ne faut pas le dépasser sous peine d'être exposé à l'inconvénient de la cristallisation de la lactose.

Lorsque la cuite est à point, on ferme l'arrivée de vapeur dans les serpentins, puis la communication avec le condenseur et enfin on ouvre le robinet de rentrée d'air; on peut alors faire écouler le produit par la valve de sortie.

Le lait sirupeux, de couleur un peu verdâtre, est reçu dans des bidons cylindriques d'une contenance de vingt litres environ que l'on porte au refroidissoir.

Dans les usines de lait concentré, les bidons qu'il s'agit de refroidir sont placés et fixés sur des plates-formes circulaires portant un engrenage à leur circonférence; tous se commandent les uns les autres. De sorte qu'un seul d'entre eux actionné directement par un arbre moteur, fait tourner à la fois toutes les plates-formes. Les bidons sont entraînés dans ce mouvement circulaire et le liquide est agité par des palettes fixes que l'on peut embrayer et débrayer toutes à la fois. Il y a deux palettes plates par bidon et toutes ces petites lames de bois sont goupillées sur une grande grille horizontale que l'on peut élever ou abaisser à volonté.

Le bac contenant tous ces bidons tournants est parcouru par un courant d'eau réglé de telle sorte que le refroidissement se fasse lentement; il doit durer deux heures environ; les palettes de bois frottent et raclent

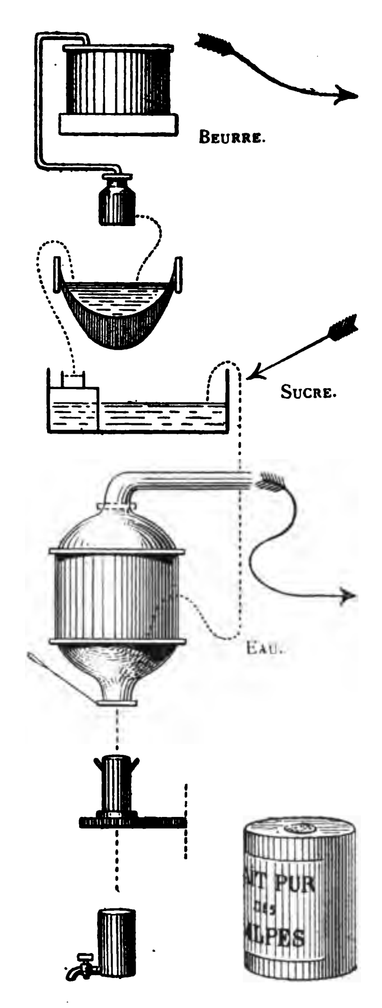


Fig. 22. — Diagramme de la fabrication du lait condensé.

la surface cylindrique des vases et détachent ainsi les cristaux de sucre de lait qui auraient pu se déposer.

Cet appareil remplit bien le but à atteindre mais on ne peut se dispenser de le trouver un peu primitif : la force dépensée pour faire mouvoir tous ces engrenages est hors de toute proportion avec le faible travail à effectuer : il nous semblerait possible et préférable de faire circuler le liquide dans de larges gouttières munies d'agitateurs formant vis d'Archimède; ces conduits demi-cylindriques seraient immergés dans des bacs parcourus par de l'eau courante.

Il nous paraîtrait encore bien meilleur de chercher cette cristallisation de la lactose au lieu de l'éviter puis de turbiner le sirop : la lactose a pour densité 1,54, elle s'appliquerait contre les parois du tambour car sa

séparation serait complète dans un liquide dont la densité est 1,30.

On recueillerait ainsi un bon produit que l'on pourrait raffiner au besoin et dont le prix de vente reste toujours assez élevé, d'autre part, on obtiendrait un lait concentré débarrassé d'un produit gênant.

Dans la fabrication telle qu'elle se pratique d'habitude, on n'a plus qu'à mettre en boîtes le lait refroidi.

Cet emboitage se fait soit en grands bidons de 50 litres soit, le plus souvent, en boîtes de fer-blanc contenant une livre anglaise, 450 grammes, de lait concentré.

Ces boîtes doivent être parfaitement étanches; pour constater leur bonne fabrication, on les essaye à la pression; on les place sur un petit support en caoutchouc, on fait le vide dans l'intérieur et l'on regarde sur un manomètre si ce vide se maintient; cette opération nécessaire est très rapidement faite.

On remplit les boîtes puis on les soude ou on les sertit, mais on ne leur applique les étiquettes qu'après quelques jours d'attente.

Il se peut, en effet, que quelques-unes des boîtes soient incomplètement ou mal fermées; une revision attentive permet d'éliminer celles qui sont défectueuses.

Il va sans dire que toute cette fabrication doit être conduite avec les soins les plus minutieux de propreté; tous les ustensiles seront lavés après chaque opération. La chaudière à cuire est l'objet de soins particuliers; après la sortie d'une cuite, on fait entrer un gamin par le trou d'homme et on lui fait laver à l'eau, frotter au sable les serpentins et les tuyaux ainsi que les parois de la chaudière; on termine quand l'enfant est sorti par un grand lavage à l'eau froide; la petite croûte d'extrait déposée pendant l'évaporation, pourrait brûler

dans une opération subséquente et communiquer au lait un désagréable goût de cuit.

Nous n'avons pas, et à dessein, parlé de la fabrication du lait concentré sans sucre quoique cette préparation soit possible et ait été réalisée même dans plusieurs usines.

La concentration du lait sans sucre est plus délicate que celle du lait sucré et le produit définitif paraît se conserver moins bien.

C'est que le sucre ajouté agit comme antiseptique et ses propriétés comme agent de conservation sont précieuses dans le cas qui nous occupe; nous conseillons donc en général la fabrication du lait sucré.

Il est de même évident que l'on pourrait concentrer du lait naturel non écrémé. Cette fabrication est moins usitée : outre le bénéfice que l'industriel retire du beurre, il trouve encore un avantage à pratiquer cet écrémage en cherchant une belle fabrication. Le lait complet monte en crème dans les boîtes et l'aspect de ce liquide hétérogène est toujours un peu choquant. Le public s'est très bien habitué à recevoir du lait concentré, sucré et écrémé.

Prix de revient. — Les usines de condensation coûtent cher à établir, il faut une puissante force motrice pour faire mouvoir les écrémeuses, les pompes à eau et à air; la consommation de vapeur est considérable pour tous les chauffages à effectuer. L'appareil à cuire est l'objet d'une grosse dépense. Il faut compter sur un prix de 8,000 fr. au moins pour une petite usine travaillant 5 à 6 mille litres de lait par jour en faisant en moyenne la condensation en trois cuites; les gros appareils coûtent 15 à 20,000 fr. En total, l'installation mécanique seule d'une fabrique de 5 à 10,000 litres peut se monter à 60 ou 80,000 francs; c'est donc un assez

fort intérêt à payer puisqu'il faut encore des fonds de roulement assez gros pour conserver au besoin quelques semaines de fabrication et attendre les cours favorables.

Cet article examiné, nous avons à tenir compte des dépenses de boîtes, de charbon, de main-d'œuvre, etc.

D'après des relevés qui nous ont été fournis, nous avons calculé que cent litres de lait travaillé donnaient en moyenne 69 boîtes de lait concentré et sucré, la boîte contenant 450 grammes.

69 × 450 donnent environ 31 %. Avec les accidents, les réparations, on ne doit compter que 65 boîtes au maximum et 60 même pour établir les prix ; elles reviennent à 0,10 environ et la caisse de bois qui en renferme 48 coûte 50 c. La main-d'œuvre s'élève à 1 fr. environ par 100 litres de lait travaillé, les frais généraux compris les caisses de bois à 3 fr.

Dans ces frais généraux, le charbon figure pour une assez forte part ; il faut compter sur une consommation 16 à 20 kilog. par 100 litres de lait. Le nombre des personnes employées est d'environ 28 pour la fabrication de 5 à 10,000 litres.

Ce personnel se décompose ainsi :

Réception du lait	2
Cuisine pour le sucre, écrémeuses, beurrerie, laverie	4
Condenseurs	2
Menuiserie et ferblanterie	5
Emballage, étiquetage (femmes)	12
Chauffeurs mécaniciens	2
Porcherie	1
Total	28

Les douze femmes ne sont pas employées tous les jours ; on peut compter sur une moyenne journalière de 24 travailleurs.

Cela posé, le compte général pourrait à peu près s'établir ainsi pour cent litres écrémés et condensés.

DÉPENSES.	fr.	RECETTES.	fr.
Lait achat..............	12.50	Beurre, 4 %, 2 fr. 50...	10 »
Sucre, sans droits, 11 %.	6 »	Boîtes, 60 à 20 fr. la caisse, prix variable..	25 »
Boîtes, 60..............	6 »	Lait de beurre, mémoire.	» »
Main-d'œuvre...........	1 »		
Frais généraux avec caisses de bois comprises.	3 »	Total..............	35 »
Total.............	28.50	Bénéfice..........	6.50

Il est évident qu'il ne faut pas tabler sur ces chiffres d'une manière rigoureuse, puisque tous les éléments sont variables avec les localités, les rendements et les cours commerciaux, mais il est certain que l'industrie est généralement lucrative; nous regrettons qu'elle n'existe pas encore en France et que notre pays soit toujours tributaire des Suisses et des Allemands qui restent les fournisseurs uniques de notre marine et de nos colonies.

DEUXIÈME PARTIE

LE BEURRE

CHAPITRE PREMIER

PRÉPARATION AU MOYEN DU LAIT OU DE LA CRÈME MÉCANISME DE L'ÉCRÉMAGE. — ÉCRÉMAGE SPONTANÉ

Le beurre est le résultat de l'agglomération des globules de matière grasse en suspension dans le lait. Cette réunion ou cette soudure s'opère par l'agitation, et il suffit en effet de battre le lait pour obtenir du beurre.

Mais, dans la pratique, ce procédé est loin d'être satisfaisant; le lait doux ou frais tiré se baratte mal; il faut, pour réussir, le maintenir à une basse température, et alors l'opération serait trop longue si l'on n'agitait très énergiquement. C'est là un inconvénient grave; on y remédie en travaillant le lait déjà un peu aigri, c'est-à-dire longtemps après la traite, mais le beurre du lait aigre est alors de moins bonne qualité.

Si l'on ajoute à toutes ces difficultés, le surcroît de

dépense de force résultant du travail d'une volumineuse quantité de liquide, on conçoit sans peine que le barattage du lait soit peu usité.

On ne le pratique guère que dans les petites exploitations, dans quelques pays pauvres et isolés où les vieilles habitudes se transmettent d'âge en âge sans que nul n'ait l'audace de les modifier.

Dans les laiteries modernes, dans les établissements industriels surtout, on ne baratte jamais le lait, mais on passe par l'intermédiaire de la crème qui contient plus de matière grasse sous un plus faible volume, qui s'obtient sans peine et sans grande dépense, et enfin se travaille plus facilement et avec plus de régularité.

La laiterie est plus coûteuse d'installation, le rendement en beurre est quelquefois inférieur; mais la bonne qualité du produit et la moindre dépense du travail de l'agglomération ont fait adopter de préférence le barattage de la crème.

Nous décrirons, après avoir parlé des procédés d'écrémage, une méthode moderne mixte consistant à préparer la crème et à la baratter immédiatement après; mais ce procédé étant encore peu répandu, nous devons nous occuper tout d'abord des méthodes les plus usitées.

Avant de parler des nombreux appareils servant à l'écrémage, nous donnerons en quelques mots la théorie de l'opération, afin d'établir des formules qui expliqueront la valeur ou les défauts des procédés employés dans la pratique.

Théorie de l'écrémage. — Les petits globules de matière grasse contenus dans le lait s'élèvent peu à peu dans le liquide dont la densité est plus considérable que la leur (1,036 et 0,925 environ); ils viennent se rassembler à la surface et forment une couche de couleur jaunâtre qui constitue la crème.

L'observation microscopique montre que dans cette crème, les globules sont demeurés isolés les uns des autres et que la proportion des gros globules est prédominante; la composition en est du reste assez variable; le liquide crémeux contient de 20 à 40 pour cent ou même plus de beurre, suivant le temps qui s'est écoulé depuis le repos du lait, les conditions de température, etc.

On peut, au moyen du centrifuge, serrer suffisamment la crème pour qu'elle contienne 70 % de beurre. Ces simples remarques démontrent une fois de plus les inconvénients de l'emploi du crémomètre comme moyen d'analyse.

Il est intéressant de se rendre compte de la loi du mouvement ascensionnel de ces globules; la théorie nous éclairera sur la valeur des procédés d'écrémage et contribuera à nous guider dans le choix de la méthode à adopter de préférence. Supposons un globule butyreux partant à l'origine du temps de la position O sans vitesse initiale, et comptons les espaces parcourus dans le sens O M. Soit s l'espace parcouru, v la vitesse, d la densité du sérum, D celle du beurre, g la pesanteur, B une constante que nous allons déterminer par la suite, l'accélération est donnée par la formule

M

S

O

FIG. 23.

$$\frac{d^2s}{dt^2} = g\,\frac{d - D}{D} - Bv^2$$

$\frac{ds}{dt} = v$, posons $g\,\frac{d-D}{D} = A$ Il vient :

$\frac{dv}{dt} = A - Bv^2$ ou en décomposant en facteurs et intégrant ensuite

$$\frac{dv}{\sqrt{A} + v\sqrt{B}} + \frac{dv}{\sqrt{A} - v\sqrt{B}} = 2\sqrt{AB}\,dt$$

$$\frac{\sqrt{A} - v\sqrt{B}}{\sqrt{A} + v\sqrt{B}} = e - 2\sqrt{AB}\,t$$

La constante est nulle car si

$$t = 0,\ v = 0.$$

Si t est très grand, c'est-à-dire si le globule monte depuis longtemps, le second membre de l'équation tend vers o, et par conséquent $v = \sqrt{\frac{A}{B}}$, c'est-à-dire que la vitesse est constante.

En admettant que cette vitesse, certainement si faible, soit constante, on arrive immédiatement à la formule finale; en effet $v =$ constante, $\frac{dv}{dt} = 0$, $A - Bv^2 = 0$, $v = \sqrt{\frac{A}{B}}$.

On est donc conduit à penser que l'on aura un écrémage plus rapide dans des vases de peu de hauteur que dans des pots longs et étroits; l'expérience confirme à peu près cette conclusion, quoique le docteur Fjord de Copenhague incline à penser que la forme des vases n'a pas grande importance sur la rapidité de l'écrémage.

Examinons de plus près la valeur de v.

B est le coefficient relatif à la résistance opposée par la vitesse; il a été déterminé pour des corps sphériques de rayon r et de densité connue, se mouvant dans un fluide connu également.

Dans le cas qui nous occupe la densité du corps sphé-

rique sera celle du beurre D; d sera la densité du sérum et l'on a alors

$$B = \frac{Md}{Dr}. \quad (1)$$

La valeur de A était $g\,\frac{d - D}{D}$

donc $$\nu = \sqrt{g\,\frac{d - D}{D} \cdot \frac{Dr}{Md}} = \sqrt{\frac{gr}{M} \cdot \frac{d - D}{d}}$$

Discussion.

I. *Valeur de* g. — Nous ne disposons pas de cette valeur de g, c'est une constante à la surface de la terre, mais nous pouvons faire intervenir une force dont nous sommes maîtres, la force centrifuge qui est égale à la masse multipliée par le rayon et le carré de la vitesse angulaire, ν sera alors égal à K ω, c'est-à-dire que la vitesse d'écrémage sera, à égalité de rayon dans les appareils, proportionnelle à la vitesse angulaire de rotation; elle n'est proportionnelle qu'à la racine carrée du rayon. On a donc plus d'avantage dans les écrémeuses à augmenter la vitesse angulaire que le rayon; la pratique confirme parfaitement ce résultat; il est évident que la séparation sera d'autant meilleure que γ sera plus grand, les écrémeuses centrifuges dans lesquelles γ peut être égal à 1000 par exemple, séparent plus de matière grasse que l'écrémage spontané.

Dans les écrémeuses ordinaires, on laisse même après 24 heures de repos, environ le cinquième de la matière grasse dans le liquide, c'est-à-dire que l'on peut perdre 1 pour cent de beurre (10 grammes) alors que dans les

(1) Cette formule est donnée dans les éléments de balistique.

écrémeuses centrifuges la perte descend à 6 grammes, 3 grammes, et même 2 grammes par litre.

II. *Valeur de* r. — Ce sont les gros globules qui montent les premiers, et les petits ont même une vitesse si faible qu'ils séjournent dans le liquide et que l'écrémage n'est jamais complet.

Ce serait ici le lieu d'examiner si la théorie de l'écrémage peut nous éclairer sur la prétendue existence de l'enveloppe des globules butyreux.

Si cette membrane existe, elle est vraisemblablement formée de matière protéique, et sa densité est plus grande que celle de l'eau; prenons-la égale à 1, 6. Il est clair que les gros globules vont monter plus vite que les petits, et il est facile de prévoir même que des globules plus petits qu'une sphère donnée ne monteront jamais et même pourront tomber, ce que l'expérience ne vérifie pas du tout, hâtons-nous de le dire.

Soit R le rayon d'un globule et D sa densité, *e* l'épaisseur de la membrane, C sa densité, *d* la densité du sérum; le globule sera en équilibre lorsque son poids sera égal au poids du liquide déplacé.

Le poids du globule est $\frac{4}{3} \pi R^3 D$.

Le poids de la membrane $4\pi R^2 e C$.

Le poids du liquide déplacé $\frac{4}{3} \pi (R + e)^3 d$.

d'où

$$DR^3 + 3 e CR^2 = d (R + e)^3.$$

C'est une équation du 3ᵉ degré; comme approximation négligeons les termes en e^2 et en e^3 et divisons alors par R^2 qui est en facteur, il vient :

$$DR + 3e\,C = dR + 3de$$

$$R = \frac{3e\,(C - d)}{d - D} \text{ ou au minimum } 15e$$

Si e égale $\frac{\mu}{10}$, les globules au-dessous de 1,5 μ ne monteraient plus; or, la valeur de $e = \frac{\mu}{10}$ est acceptable, possible, et l'observation montre que l'on a dans la crème des globules au-dessous de 1,5 μ; ce raisonnement ne prouve pas d'une manière irréfutable l'absence de l'enveloppe chez les globules butyreux, mais il vient donner un nouvel appui à la probabilité de la non-existence de cette enveloppe et confirmer ainsi l'opinion de M. Duclaux sur ce sujet.

III. *Valeur de* d. — Si d augmente, v augmente également, c'est ce que l'on aperçoit immédiatement si l'on écrit ainsi sa valeur.

$$v = \sqrt{\frac{gr}{M}\left(1 - \frac{D}{d}\right)}.$$

Par conséquent, on activera l'écrémage en refroidissant le liquide, si ce changement de température n'agit pas sur une autre quantité; or il fait accroître M, comme nous allons le voir tout à l'heure. Malgré ce petit inconvénient, on a avantage à refroidir le lait, d la densité du sérum augmente plus vite que la densité du beurre qui se présente sous la forme de sphères homogènes, alors que le liquide contient encore quelques gaz qui en se contractant par le froid donnent un rapide accroissement du poids de l'unité de volume du liquide. C'est la justification de la méthode d'écrémage par le froid, bonne méthode s'il en fut et qui n'a

pu être détrônée que par une meilleure encore, celle de l'écrémage au centrifuge.

IV. *Valeur de* M. — Ce coefficient représente pour ainsi dire la viscosité du liquide; il est évident que les globules monteront d'autant plus vite que le liquide sera plus fluide. Ce phénomène nous est familier : une matière pesante, une pierre, tombera assez vite dans l'eau, mais elle mettra un temps beaucoup plus long à traverser une certaine épaisseur de mélasse; or en général, la viscosité diminue lorsque la température augmente, c'est pourquoi on active l'écrémage en chauffant un peu le lait; cette pratique était assez répandue autrefois, elle l'est encore dans certaines localités, mais malheureusement elle facilite beaucoup le développement des germes de maladie, et comme telle, elle doit être rejetée ou déconseillée.

Ce coefficient M variera également avec l'addition de certaines substances; si l'on parvient à fluidifier davantage la caséine, la montée s'effectuera plus vite; c'est là précisément l'artifice si heureusement employé par le Dr Quesneville dans son procédé d'analyse : l'opérateur ajoute au lait une petite quantité d'alcalis caustiques et l'écrémage est non seulement plus rapide, mais encore plus complet.

Cet adjuvant ne peut être employé dans la pratique et l'on peut même affirmer que l'emploi de substances quelconques doit être déconseillé. Le désir si naturel d'obtenir du beurre pur exclut immédiatement l'addition de matières étrangères dans le lait, et, d'ailleurs, on n'a jusqu'à présent trouvé aucune substance facilitant vraiment l'écrémage sans altérer le goût des produits.

Le sel pourrait peut-être être utile, en augmentant la densité du sérum, mais ajouté en trop grande quantité

il dénaturerait le goût du beurre; en faible proportion, la variation de densité n'est plus assez considérable pour que l'écrémage soit sensiblement accéléré.

Conditions de formation de la crème. — Il ressort de ce qui précède que les gros globules montent plus rapidement que les petits : si par conséquent nous considérons une tranche verticale du liquide et des horizontales à différentes hauteurs de ce plan, il est facile de comprendre que, à mesure que l'on se rapprochera de la surface, ces lignes s'enrichiront de plus en plus en gros globules, qui cheminent plus vite que les autres.

Dans une file verticale, les sphérules les plus grosses dépassent les petites; et, dans les premiers temps, les arrivages à la surface sont nombreux, puis la couche de crème augmente plus lentement; après 36, 48 heures de repos, l'épaisseur de la couche n'augmente plus d'une manière sensible et il reste dans le sérum des globules très petits qui ne monteront pour ainsi dire plus; ils flottent dans le liquide comme les poussières dans l'air, et avec plus de facilité encore car les différences de densité sont bien moins grandes.

Des observations directes sont venues confirmer les déductions théoriques qui précèdent : dans les premiers moments la crème monte très vite, puis son mouvement d'ascension se ralentit.

On peut admettre qu'en moyenne, après six heures de repos, la crème renferme à peu près la moitié de la matière grasse du lait, 70 % après douze heures, 80 %, après 18 heures, et 85 % après 24 heures.

Ensuite l'augmentation s'arrête ou devient insensible; c'est-à-dire que si nous représentons les quantités de matière grasse et les temps par des longueurs proportionnelles portées sur deux axes rectangulaires, la courbe figurant la marche du phénomène possédera une asymp-

tote parallèle à l'axe des x et à peu près à la cote 88 que l'on ne dépasse guère dans les circonstances les plus favorables de l'écrémage spontané.

Ces premières portions de crème renfermant les gros globules sont d'un barattage plus rapide et plus facile;

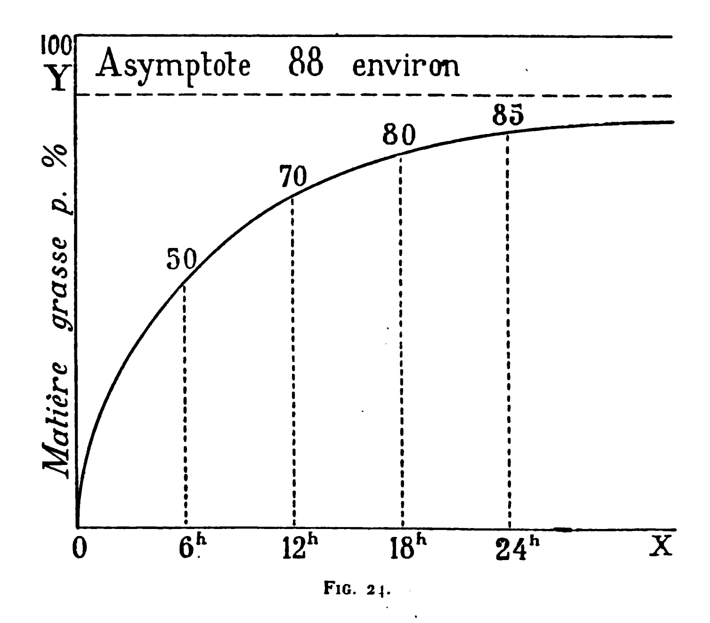


Fig. 24.

elles donnent les beurres les plus délicats et les plus beaux. Au contraire, les derniers globules qui montent résistent à l'agglomération ; ils empâtent de la caséine, du sérum, le lait de beurre s'expulse moins bien et ces beurres se gâtent plus vite.

Peut-être serait-ce là la cause de l'infériorité des beurres centrifuges sur les beurres à crémage spontané si cette infériorité admise à l'état de préjugé existait réellement;

mais jusqu'à présent elle n'a pas été prouvée d'une façon certaine.

Nous n'avons pas parlé jusqu'à présent des obstacles opposés à l'écrémage par les chocs ou les rencontres des globules ; les plus grosses sphères écartent les petites en se livrant passage, et le mouvement ascensionnel de ces dernières est de ce fait encore notablement ralenti; les premières sont également légèrement déviées de leur route verticale et tous ces mouvements latéraux retardent la montée de la crème.

D'autres retards peuvent provenir également des changements de température; si l'on imagine, ainsi que l'a fait un constructeur assez ignorant, de refroidir le lait par la surface supérieure, les couches de liquide froid descendent peu à peu et entraînent plus ou moins vers le bas les globules butyreux qui s'élevaient grâce à leur différence de densité.

Tous les mouvements imprimés au liquide produiront les mêmes effets de ralentissement.

La crème se rassemble moins bien dans les bidons qui voyagent ballotés en chemin de fer ou en voiture; et dans la conduite de l'écrémage on doit assurer aux vases dans lesquels se fait la montée l'immobilité la plus complète avec la température la plus constante.

L'influence de la température sur la nature et la rapidité de l'écrémage est intéressante à étudier pour la pratique.

Si l'on abandonne des échantillons du même lait à des températures différentes, on constate tout d'abord que la crème monte plus vite dans les liquides les plus froids, mais on aperçoit une différence dans ces crèmes : la crème formée à froid est blanchâtre et aqueuse; la crème montée à chaud est butyreuse, jaunâtre et compacte. L'analyse vient confirmer l'appréciation que la vue pouvait conduire à établir.

La crème à froid est moins riche en beurre que celle qui a pris naissance à une température élevée. En poussant les choses à l'extrême et dans des conditions à la vérité impossibles à réaliser en pratique, on arrive à obtenir du beurre à la place de crème, en opérant à des températures comprises entre 40° et 80°, et en ajoutant soit un peu d'acide chlorhydrique ou acétique, soit quelques gouttes du mélange Quesneville.

Si d'autre part on analyse le sérum des laits crémés à des températures différentes, on trouve moins de matière grasse dans les laits froids que dans les laits chauds, lorsque l'écrémage peut être regardé comme terminé, c'est-à-dire au bout de 24 ou mieux de 36 heures.

Les lignes suivantes résument ces conclusions :

Écrémage à froid : montée plus rapide, crème plus blanche, plus aqueuse et plus volumineuse, plus de rendement en beurre.

Les remarques précédentes nous conduisent à penser que la crème n'est pas une substance bien définie et que sa composition variera non seulement avec les laits, mais encore avec les circonstances de l'écrémage : il y a pour ainsi dire tous les intermédiaires entre le beurre et le lait.

En général on peut dire que la crème est une émulsion de globules butyreux avec du sérum et elle reçoit plus particulièrement ce nom de crème lorsque la proportion de matière grasse contenue est comprise entre 20 et 40 pour cent; le sérum de la crème et le sérum du lait ont à peu de chose près la même composition, et par conséquent on peut calculer d'avance approximativement la densité des différentes crèmes de richesse butyreuse connue.

Rarement cette densité est inférieure à l'unité. Cette particularité ne se présente que pour les crèmes très

compactes, très butyreuses; en moyenne, la densité est comprise entre 1,000 et 1,015.

Du reste ces chiffres eux-mêmes sont variables. Dans la crème abandonnée à elle-même, il se produit encore un travail, c'est le mouvement ascensionnel des globules qui se poursuit, le sérum se sépare, la crème se tasse, sa teneur en pour cent de beurre augmente.

C'est pour empêcher ces mouvements que, dans le commerce de la crème, on ajoute une légère quantité de présure dans le but de coaguler et d'immobiliser le sérum, d'emprisonner les globules et de les maintenir dans leurs positions respectives.

Nous pouvons maintenant aborder l'étude des nombreux procédés d'écrémage usités dans les laiteries.

Les considérations préliminaires que nous avons établies vont nous permettre d'apprécier les valeurs de ces différentes méthodes.

Le principe du barattage de la crème étant admis, les opérations de la fabrication du beurre comprennent :

La préparation de la crème;

L'agglomération des globules butyreux et enfin la purification du beurre obtenu, la séparation des matières étrangères qui consistent surtout en sérum et en eau emprisonnés mécaniquement dans le corps gras.

La première condition de réussite dans toute industrie est de se rendre compte de ce que l'on fait : il importe donc de prendre note du lait entré en travail, comme plus tard on devra prendre les comptes du beurre produit, des dépenses, etc.

La prise en charge du lait peut se faire soit au poids, soit au volume; le pesage est toujours plus exact : si on l'adopte, il est bon de vider les bidons dans un grand récipient posé sur une bascule; on profite de ce transvasement pour filtrer le lait et examiner si les vases qui

ont servi au transport sont tenus proprement et ne contiennent rien de suspect. Le mesurage du volume quoiqu'incertain est encore le plus adopté, il peut être constaté lors de l'expédition, et c'est cet avantage de simplicité dans le contrôle qui conduit à le conserver.

Crémeuses et écrémage. — Les appareils à employer pour l'écrémage dépendent de l'importance de la laiterie : dans les petites exploitations on a recours à l'écrémage spontané; dans les laiteries industrielles, on se sert des écrémeuses centrifuges.

L'écrémage spontané est des plus simples, un vase de forme quelconque fait l'affaire; on le remplit de lait et on le laisse au repos le plus complet dans un endroit frais et propre.

Après vingt-quatre heures on enlève avec une cuillère la crème surnageante et l'opération est terminée.

Suivant les localités et leurs ressources, suivant les habitudes, on emploie des vases de forme et de nature diverses.

En Normandie, ce sont des pots de grès durs légèrement évasés en forme tronc-conique; leur contenance est de 10 litres environ, leur imperméabilité parfaite et leur usage excellent; ces serènes, comme on les appelle, ne peuvent être fabriquées qu'avec des argiles spéciales relativement assez rares : les terres de Noron (Calvados) sont les plus renommées pour cette fabrication.

Dans l'ouest de la France, en Bretagne notamment, on se sert de pots de terre cuite, quelquefois vernissés à l'intérieur pour assurer l'étanchéité; ces pots sont fragiles, l'intérieur en est peu accessible à cause de leur forme de cruche sans anse, et il serait à conseiller de renoncer à cette disposition défectueuse.

Dans les pays où le bois est abondant on emploie des

seilles ou des baquets en sapin, en peuplier, en hêtre ou en érable. Ces crémeuses ne sont pas fragiles, mais elles nécessitent beaucoup d'entretien, et de grands soins de propreté, sans quoi le bois s'imprégnerait de mauvaises odeurs et le beurre serait détestable. En Hollande et en Danemark, on peint ces vases de bois; c'est l'orgueil

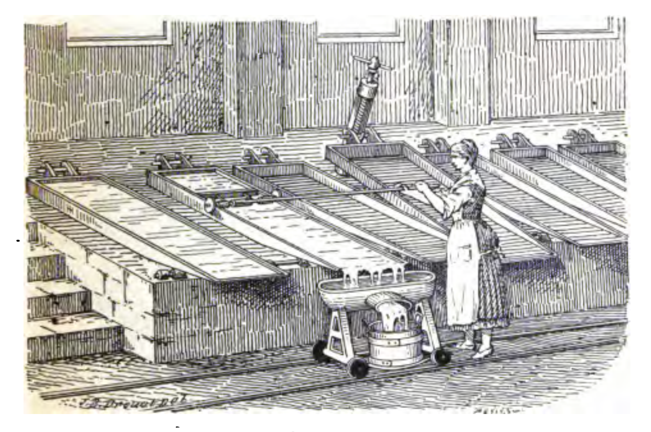


FIG. 25. — ÉCRÉMEUSE DESTINON.

des paysans de quelques localités de pendre à la porte de la laiterie des baquets tout brillants de belle couleur bleue soigneusement entretenue.

Les crémeuses métalliques sont très répandues: ce sont des vases tantôt en fer-blanc, tantôt en cuivre rouge ou en zinc. Nous n'oserions conseiller l'emploi de ce dernier métal; s'il possède l'avantage du bon marché, il offre quelques dangers dans l'usage : le zinc s'oxyde facilement, et en présence de l'acide lactique, il peut se former des sels de goût désagréable ou dangereux dans l'alimentation.

Le fer-blanc est très usité; son emploi est à recommander à la seule condition que les crémeuses soient bien construites, sans angles difficiles à atteindre dans le nettoyage; les bassins à préférer sont ceux que l'on

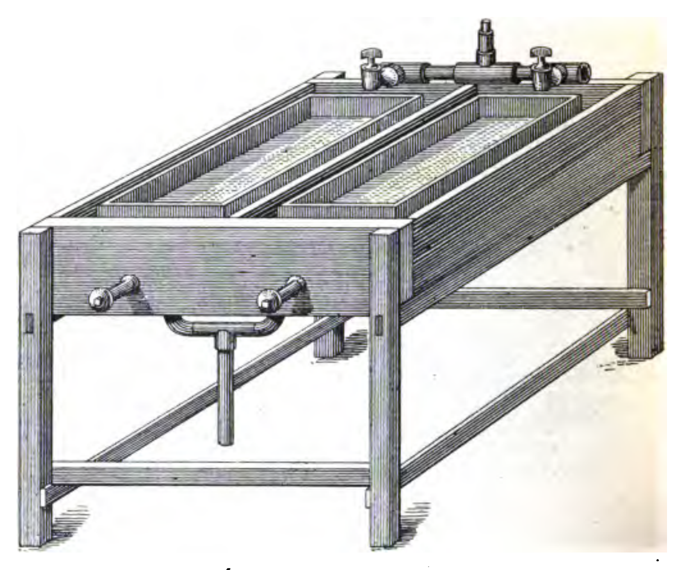


FIG. 26. — ÉCRÉMEUSE A TEMPÉRATURE CONSTANTE.

fabrique aujourd'hui en tôle emboutie étamée ensuite en plein bain.

Le cuivre rouge est excellent, on l'entretient facilement propre, le seul inconvénient est le prix élevé de ce métal.

Enfin on s'est servi de crémeuses de verre, de porcelaine ou de tôle émaillée.

En général, on peut conseiller pour cet écrémage spon-

tané d'adopter des vases en forme de baquets ou de

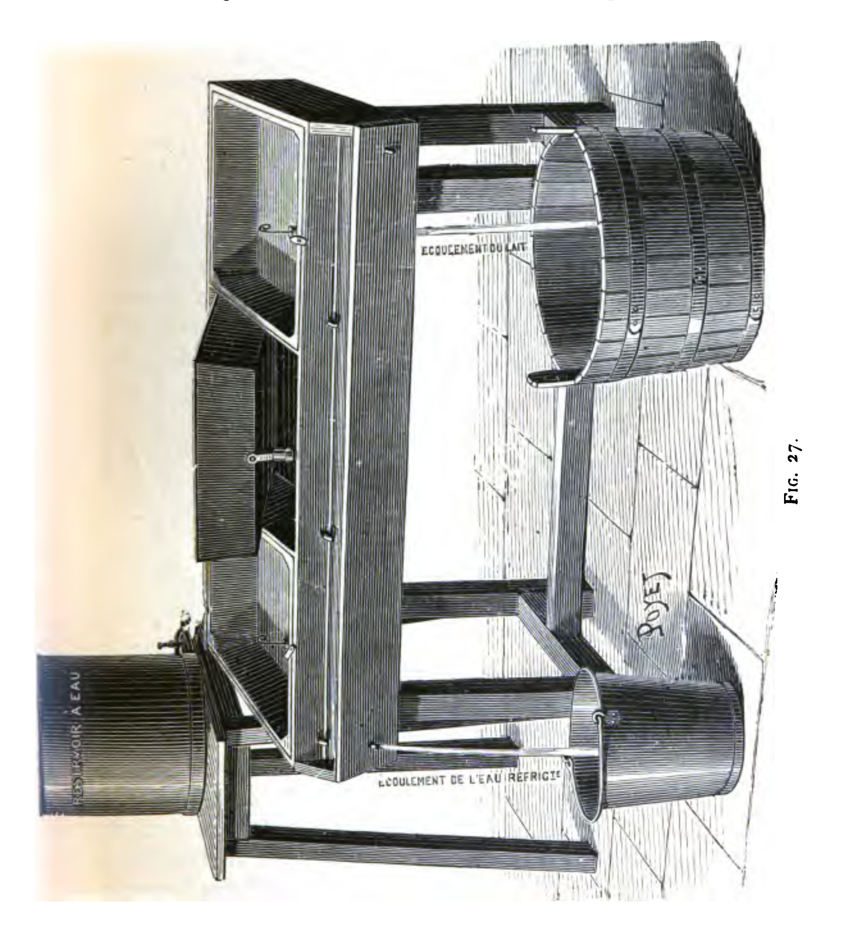


Fig. 27.

terrines, faciles à nettoyer, bien imperméables et résistants.

Accidents de la pratique. — Il est facile de comprendre

que l'opération ainsi conduite expose à des aléas et à des mécomptes.

Dans tous ces vases ouverts, la surface du lait est librement en contact avec l'atmosphère, elle s'ensemence forcément en germes de maladies et il arrive assez souvent que le lait tourne et que tout est perdu. On en accuse le mauvais temps, l'orage, les mauvaises odeurs; le mal est irréparable.

En outre, la récolte de la crème faite par des procédés assez primitifs au moyen de cuillères plus ou moins perfectionnées est, en tout cas, incomplète; la montée elle-même est presque toujours irrégulière : dans l'espace de vingt-quatre heures, il arrive nécessairement des changements de températures qui se traduisent dans le liquide par des mouvements ou des remous tout à fait défavorables à l'ascension normale des globules butyreux.

On s'est préoccupé de perfectionner la méthode primitive.

Il est tout d'abord évident que l'on obtiendra de bien meilleurs résultats en assurant la fixité de la température : on y parvient à peu près en plaçant les crémeuses dans l'eau : les serènes ou les terrines sont plongées presque entièrement dans une auge de bois, de métal ou de maçonnerie, remplie d'eau ou mieux alignées sur le passage d'une eau courante. Les inventeurs se sont exercés sans peine à imaginer des dispositions nouvelles : on a pu employer avec avantage des terrines métalliques plates de grandes dimensions à surface exposées à l'air libre, mais placées dans des milieux à températures régulières. Nous donnons ci-joint quelques dessins de ces écrémeuses, fig. 26, 27, 28.

Dans ces crémeuses, la température reste assez basse et les altérations dues aux ferments sont peu à redouter,

et cependant l'ensemencement des germes existe; il était intéressant de l'éviter et pour cela d'opérer en vase clos. L'écrémeuse Cooley remplit bien ce desideratum.

Écrémeuse Cooley. — Cet appareil consiste en

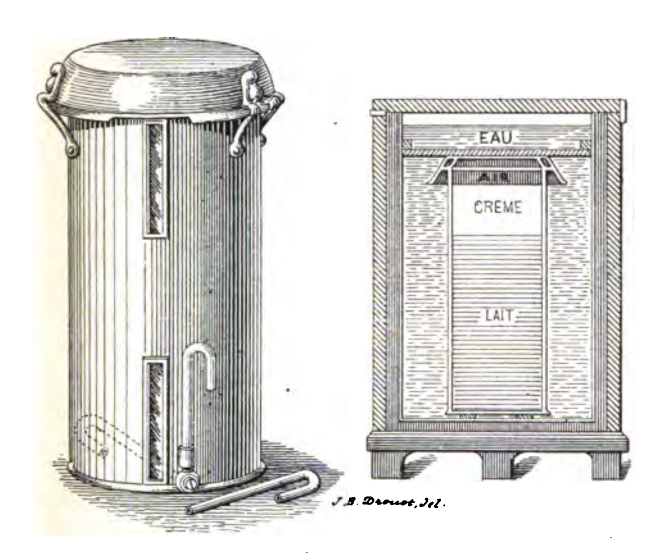


FIG. 28. — ÉCRÉMEUSE COOLEY.

un bidon cylindrique d'une vingtaine de litres de capacité, il est construit avec élégance en tôle nickelée.

A la partie inférieure est une petite vitre peu large, haute de quelques centimètres, et permettant de suivre le liquide lors de l'écoulement à l'extérieur.

A côté de ce regard est placé un robinet dont le boisseau est manœuvré à la main par le tube d'écoulement recourbé en col de cygne.

Quand le col de cygne est vertical, le robinet est fermé, quand on l'incline peu à peu, le robinet s'ouvre et les

couches inférieures du liquide s'écoulent en même temps que le niveau baisse sans que la surface supérieure soit sensiblement agitée ni remuée. A la partie supérieure, le bidon est fermé à volonté par un couvercle en forme de gamelle qui est maintenu par un emmanchement à baïonnette. Cette fermeture n'est pas hermétique, mais si l'on plonge tout le bidon dans l'eau, le liquide pénètre entre le couvercle et le bidon en comprimant l'air de ce dernier. Il s'est donc fait un joint hydraulique, l'intérieur du bidon contient de l'air légèrement comprimé qui ne communique plus avec l'atmosphère.



Fig. 29. — Siphon Fouchier. Échelle $\frac{1}{10}$.

Pour mettre la crémeuse Cooley en fonction, on remplit le bidon avec du lait, on emmanche le couvercle et on plonge entièrement tout l'ensemble dans une caisse contenant de l'eau dont le niveau est maintenu plus élevé que celui du dessus du vase. On ferme la caisse et on abandonne le tout au repos pendant 24 heures. Après ce jour passé, on fait écouler l'eau de l'auge, ou on retire les bidons qu'on pose sur une table, puis on incline doucement le col de cygne en recevant le sérum dans des terrines. Lorsque l'écoulement tire à sa fin, on voit apparaître sur la vitre la couche de crème qui descend peu à peu. On modère alors l'ouverture du robinet et on le ferme même complètement à l'apparition des premières couches de crème; à ce moment on renverse le contenu du bidon dans une terrine spéciale.

Le col de cygne peut être disposé de telle sorte que la crème reste d'elle-même dans le bidon. Il suffit pour cela de rétrécir l'ouverture de sortie, la crème qui est

peu fluide ne peut la franchir et le lait écrémé s'écoule seul sans qu'il soit besoin d'aucune précaution.

Une disposition analogue a été déjà employée dans la crémeuse Fouchier, dans laquelle le tube de sortie consiste en un siphon qui s'appuie sur le fond de la terrine; le faible intervalle compris entre le vase et le bas du siphon laisse bien passer le lait maigre, mais s'oppose à l'écoulement de la crème qui reste dans la terrine et qu'on recueille alors facilement, fig. 29.

L'appareil de Cooley est de tous points excellent et tout à fait à recommander pour les petites exploitations; la crème obtenue est douce et pure, exempte de germes. On a attribué une partie de ces qualités à l'effet de la pression de l'air sur le lait; il n'existe pas d'expériences confirmant cette manière de voir qui ne paraît du reste aucunement fondée.

Procédé Swartz. — C'est encore un procédé d'écrémage spontané, mais à très basse température, et c'est la caractéristique de la méthode d'agir ici par le froid.

Le lait est placé dans de grands bidons à section rectangulaire arrondie ou ovale, et de forme cylindrique. Ces vases contiennent de 20 à 40 litres, ils sont manœuvrés ordinairement par deux ouvriers qui les prennent par les oreilles ou poignées fixées sur les petits côtés.

Tous ces vases sont remplis de lait venant directement de la traite si cela est possible, et rangés ensuite les uns à côté des autres dans une auge contenant de l'eau froide. On jette dans cette auge des morceaux de glace qu'on renouvelle de temps en temps; l'eau est théoriquement à la température de 0° du moins à la surface, et en tout cas le lait ne dépasse guère 3 ou 4 degrés centigrades.

La montée de la crème est rapide à cette basse tempé-

rature, on peut écrémer au bout de douze heures et recueillir presque toute la matière grasse contenue.

La crème que l'on récolte avec une cuillère appropriée est aqueuse et de densité assez forte, volumineuse et blanche, douce et agréable au goût; le lait écrémé est resté doux également, car les ferments ne peuvent vivre à ces basses températures; les rendements en beurre sont notablement supérieurs à ceux que l'on obtient dans l'é-

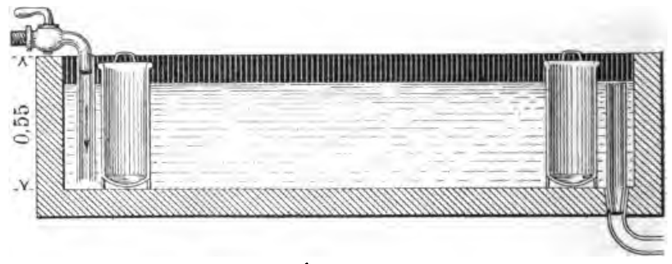


Fig. 30. — Écrémeuse a froid.

crémage ordinaire; le beurre est très bon et d'un délicieux arome si l'on a le soin de laisser vieillir un peu la crème à une température modérée, et enfin le lait écrémé fournit de parfaits fromages maigres.

En somme, comme on le voit, ce procédé Swartz semble des plus avantageux; même pratiqué dans des limites un peu plus larges que celles que nous avons indiquées, il donne encore des résultats excellents. Dans certaines laiteries en effet on n'emploie que des laits achetés et qui n'arrivent à l'usine que longtemps après la traite; on ne s'astreint pas toujours à conserver la température aussi basse que nous le disions, et l'on perd ainsi en travaillant, par exemple à 6° ou 8°, une partie des avantages de la méthode, mais malgré cela on obtient

encore de bonne crème avec de forts rendements.

Ce procédé ne s'est pas répandu dans notre pays.

Introduit et prôné avec juste raison par M. Tisserand et par d'autres personnes qui l'avaient vu pratiqué en Danemark ou en Prusse, ce système a paru inacceptable pour la France; il nécessite en effet des quantités énormes de glace, quantités d'autant plus grandes que la température ambiante est plus élevée : c'est un obstacle à l'emploi de cette méthode dans notre climat tempéré. Nous avons constaté en Danemark des dépenses de 2 à 3 k. de glace par kilog. de lait travaillé : aucune laiterie française ne pourrait supporter ces énormes frais qui se chiffreraient peut-être chez nous par un franc par kil. de beurre.

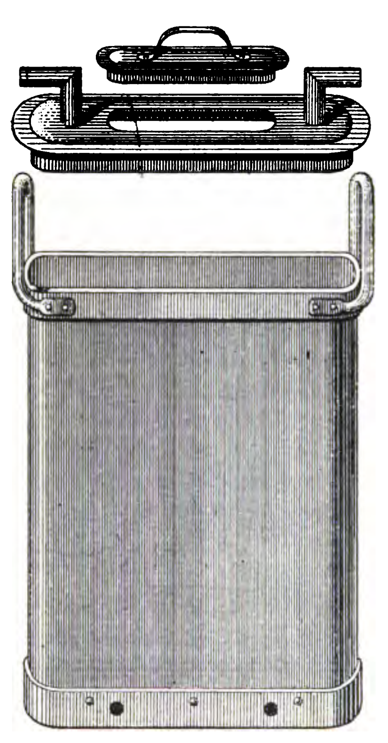


FIG. 31 — BIDONS SWARTZ.

Il eût été malheureux pour notre pays de ne pouvoir profiter des avantages de l'excellent procédé Swartz ; il en serait résulté pour nous, une infériorité que l'écrémage centrifuge a fait disparaître.

Procédé du Devonshire. — Nous en parlons plutôt à titre de renseignement que dans le but de le recommander. Ce procédé est pratiqué dans le Devon de deux manières différentes :

I. Le plus généralement on chauffe le lait avant tout écrémage, on le porte à la température de 60° à 80°, puis on le laisse réfroidir et on recueille la crème comme à l'ordinaire; ou bien,

II. On laisse la crème monter à froid, puis, après douze heures de repos, on chauffe le vase au bain-marie doucement jusqu'à ce que des bulles de vapeur viennent soulever la crème surnageante. A ce moment on arrête. on laisse refroidir et on recueille la crème formée, qui est alors d'un beau jaune, consistante et compacte, et si facile à baratter que le barattage se fait en la battant avec les mains. Il paraît que les rendements ne sont pas mauvais, mais, en tout cas, ces chauffages nous paraissent inutiles sinon nuisibles, et l'usage assez choquant de baratter la crème avec les mains démontre que ce n'est pas dans le Devon qu'il faudra chercher des procédés perfectionnés constituant des progrès dans la laiterie.

En somme, pour les petites exploitations, le meilleur moyen pratique d'obtenir de bonne crème consiste à maintenir les crémeuses dans une masse d'eau assez considérable, ou dans le passage d'une eau courante; le système Cooley dans lequel le lait est préservé du contact de l'air est encore d'un usage meilleur, puisque l'on écarte dans son emploi le danger de la contamination par les germes atmosphériques.

CHAPITRE II

ÉCRÉMAGE CENTRIFUGE

Écrémeuses centrifuges. — Il est assez difficile de désigner avec certitude l'inventeur de ces appareils qui ont transformé l'industrie laitière.

Les Allemands revendiquent cet honneur pour l'ingénieur Lefeldt; les Français peuvent rappeler les essais intéressants de M. de Mastaing, ancien professeur à l'École Centrale, qui a imaginé de se servir de la force centrifuge pour des décanteurs continus.

Quoi qu'il en soit, l'idée d'appliquer la force centrifuge à la séparation de la crème et du lait qui diffèrent par leurs densités, a pu venir en même temps à plusieurs constructeurs ne connaissant pas les travaux de leurs voisins.

L'application est en effet toute naturelle : la force centrifuge dont nous disposons devient, si nous le voulons, bien des fois plus considérable que l'intensité de la pesanteur, et des corps qui se séparent déjà sous l'influence de cette dernière action, se sépareront beaucoup plus vite sous l'influence d'une force centrifuge appropriée.

M. de Mastaing voulait, par son procédé, isoler les uns des autres les liquides non miscibles et de densités différentes; Lefeldt, s'inspirant des idées du brasseur bavarois

Prandtl et du professeur Moser, a eu le mérite incontestable de créer la première écrémeuse centrifuge fonctionnant d'une manière satisfaisante. Cet appareil a vu le jour précisément à l'époque de la prise des brevets de Mastaing, en 1874, et il est probable que l'ingénieur allemand n'a pas eu connaissance des expériences faites en France.

La théorie de ces appareils est calquée sur celle que nous avons donnée dans le chapitre de l'écrémage spontané : la formule initiale est la même, à la seule condition de mettre à la place de l'accélération de la pesanteur, la valeur connue de l'accélération centrifuge.

On a $F = K\gamma - Bv^2$

et si le mouvement est assez lent pour que la vitesse puisse être considérée comme uniforme, $F = 0$

$$\text{et } v = \sqrt{\frac{k\gamma}{B}}$$

$$\text{or } \gamma = kR\omega^2 \quad \text{donc } v = \omega\sqrt{\frac{kR}{B}}.$$

La vitesse de l'écrémage croît proportionnellement à la vitesse de rotation, et d'autre part à la racine carrée de la distance à l'axe.

On a donc, à ce point de vue, plus d'avantage à augmenter le nombre de tours que le diamètre de la turbine.

Prenons deux turbines, l'une d'un rayon de 10 centimètres, l'autre d'un rayon de 40 centimètres, la première écrémera aussi vite que la seconde si sa vitesse est seulement le double de celle de cette dernière : une écrémeuse de 10 centimètres à 6000 tours donnera donc une montée aussi rapide qu'une autre de 40 centimètres

tournant à 3000, mais en général une écrémeuse à grand rayon coûtera plus que la turbine rapide à égalité de travail; par conséquent, dans l'industrie on serait conduit à adopter des appareils tournant à très grande vitesse, si le nombre de tours n'était limité pratiquement. Il est difficile de dépasser 6 à 8000 tours en travail courant.

Avec ces vitesses, l'écrémage est extrêmement rapide : la valeur de l'accélération centrifuge est $4\pi^2 rn^2$.

Prenons $r = 20$ cent. et 6000 tours par minute, soit 100 tours par seconde.

$$4\pi^2 rn^2 = 4 \times \overline{3.14}^2 \times 0.20 \times 10.000$$

C'est environ 18000 alors que $g = 9{,}81$ ou 10 environ, ce qui veut dire qu'une écrémeuse centrifuge établie comme ci-dessus écrémerait 40 à 50 fois plus vite que si l'on abandonnait le lait à lui-même.

En considérant, d'autre part que le lait est comprimé et que la densité du sérum a augmenté, on comprend sans peine qu'avec l'aide de la force centrifuge on obtient un écrémage plus complet, un rendement supérieur en matière grasse et en beurre par conséquent.

Si dans la pratique ordinaire, on laisse près de 8 à 10 grammes de beurre par litre, dans le sérum avec l'écrémeuse centrifuge bien établie on n'en perd qu'un gramme ou deux, peut-être trois, dans les circonstances défavorables. Or, c'est là un gain de 800 grammes par cent litres, soit 1 fr. 50, 2 francs peut-être, c'est un bénéfice sérieux réalisé, c'est un gain qui vient heureusement s'ajouter aux avantages de la rapidité et de la régularité de la méthode, de la bonne qualité de conservation de la crème et du petit lait.

Mais si l'écrémage centrifuge donne plus et plus vite, il nécessite d'autre part un travail mécanique, et partant

une dépense qui n'existait pas dans l'écrémage spontané.

La force nécessaire n'est pas très considérable : d'expériences restées classiques, exécutées par le savant docteur Fjord de Copenhague, il résulte qu'il faut compter environ les 4/5 d'un cheval vapeur ou un peu plus pour écrémer avec les appareils Burmeister et Wain ou de Laval 225 à 300 kilos de lait à l'heure, en laissant seulement dans le sérum 1 gr. 7 à 2 gr. 5 de beurre par litre. Ces expériences ont été faites avec les soins les plus scrupuleux : le travail était mesuré par un dynamomètre de rotation et l'on notait en même temps le lait passé, sa température, la vitesse de l'écrémeuse et le degré de l'écrémage.

Depuis 1883, date de ces essais, les écrémeuses ont été notablement perfectionnées ; de nouvelles mesures étaient utiles, nous les mentionnons au chapitre de la comparaison des centrifuges. Dès à présent il peut paraître intéressant, de rechercher ce que donne le calcul au sujet de cette dépense.

A considérer l'écrémeuse comme un outil mécanique, il est facile de voir que à supposer que l'on travaille de l'eau, en d'autres termes, ne considérant que le mouvement cinématique, l'énergie dépensée a tout simplement pour effet de communiquer à un corps une certaine vitesse et par conséquent de lui donner une énergie égale à sa demi-force vive, c'est-à-dire à $\frac{1}{2} mv^2$ ou $\frac{1}{2} \frac{Pv^2}{g}$.

Prenons le même exemple que précédemment. Supposons une écrémeuse de 40 cent. de diamètre tournant à 6000 tours et pouvant travailler 360 kilog. de lait à l'heure.

L'appareil fait cent tours par seconde et écrème 100 grammes de lait dans le même temps.

Ce lait sort avec une vitesse tangentielle égale à la vitesse de rotation, et par conséquent ces 100 grammes ont une énergie égale à

$$\frac{0.1 \times 2 \times 3.14 \times 0.2 \times \overline{100}^2}{2 \times g}$$

ou à peu près 60 kilogrammètres, chiffre peu éloigné de celui qu'indique l'expérience.

Cette manière de calculer l'utilisation de l'écrémeuse est assez remarquable; elle conduit une fois de plus à constater la bonne construction des appareils du commerce qui n'absorbent guère que ce qui est théoriquement nécessaire.

Tous ceux qui ont vu ces appareils de de Laval, de Burmeister et Wain, etc., savent avec quel soin ils sont construits, avec quelle facilité on les met en mouvement.

L'excès de force constaté dans la pratique tient aux frottements et au travail nécessaire à faire tourner l'appareil à vide, c'est là à peu près une constante; on arrive assez facilement, dans la pratique, à écrémer 360 litres à l'heure avec une force de 75 à 80 kilogrammètres environ, c'est-à-dire qu'on utilise à peu près les 3/4 de la force fournie.

Il faut bien remarquer que ce travail soit disant utilisé ne correspond pas à l'ouvrage que l'on veut faire; ce que l'ont veut en réalité, c'est écrémer du lait, et c'est pour cela qu'on est obligé de lui communiquer la force vive dont nous parlons.

Or, l'écrémage est proportionnel à la vitesse, et la dépense proportionnelle au carré de la vitesse.

Si l'on augmente le nombre de tours, on accroît donc plus vite la dépense que le rendement en lait écrémé.

Cependant, dans la pratique, on est conduit à augmenter ce nombre de tours plutôt qu'à adopter de grands rayons.

Les moments d'inertie des corps croissent proportionnellement au carré du rayon, et ils deviennent si considérables qu'une grande turbine est difficile à mettre en mouvement et qu'elle serait dangereuse si elle n'était parfaitement établie.

Il faut remarquer en outre que la vitesse de sortie du lait est un peu inférieure à la vitesse moyenne du bol, surtout dans l'écrémeuse Burmeister.

En raison de toutes ces considérations, on tend dans la pratique à augmenter plutôt les vitesses de rotation que les rayons; peut-être y perd-on, comme rendement mécanique, mais certainement on y gagne au point de vue de la sécurité et de la facilité de construction, ou ce qui revient au même, du prix moindre de l'appareil.

Les premiers appareils imaginés étaient intermittents, ou en d'autres termes, l'écrémage se faisait dans le vase même qui renfermait le lait. On imitait ainsi l'écrémage spontané : on suspendait des bidons aussi solides que possible à des anneaux posés aux sommets d'un polygone régulier, autour d'un axe vertical, et on soumettait tout l'ensemble à une rotation énergique.

Après un mouvement suffisamment prolongé, on recueillait dans les pots ainsi turbinés, la crème par les procédés ordinaires. L'appareil ainsi disposé n'avait aucune chance de réussite, il était presque irréalisable : ce turbinage de vases pesants, mal équilibrés entre eux, offrait des inconvénients graves parmi lesquels se trouvait celui d'un danger continuel d'explosion, et cette combinaison dut être bientôt abandonnée.

Il est incontestable que la première réalisation du turbinage continu se trouve dans l'écrémeuse du pre-

mier modèle de Lefeldt, si souvent modifié et perfectionné depuis. Les différents modèles de Lefeldt, quoique d'une valeur incontestable tant au point de vue de la construction mécanique que des bons rendements, n'ont pas eu, jusqu'à présent, en France, le succès qu'ils auraient mérité et les types les plus répandus dans notre pays ont été ceux de Burmeister et de Laval.

Écrémeuse de Burmeister et Wain. — Cette écrémeuse est une des meilleures et des plus répandues à l'heure actuelle; elle tient peu de place et fonctionne avec la plus parfaite régularité; sa construction est simple et solide.

Elle consiste en un tambour cylindrique construit en acier embouti; ce bol est replié à sa partie inférieure, relevé et percé en sa partie centrale d'un trou légèrement conique qui permet de fixer le bol sur une portée cône ménagée sur un arbre vertical. Le tambour est alors invariablement relié à son axe par un écrou et un contre-écrou.

A sa partie supérieure, le bol est légèrement incurvé et présente un rebord presque plat laissant à la partie centrale une large ouverture.

Vers le haut et dans l'intérieur est soudée aux parois une séparation plane perpendiculaire à l'axe; elle est large de quelques centimètres, circulaire et séparée par places du tambour lui-même, afin d'assurer une libre communication entre les liquides contenus dans l'écrémeuse et appliqués contre les parois pendant la rotation.

Au bas, le tambour est replié en forme conique se raccordant avec le fond par un congé de forme arrondie.

Parallèlement à cette surface, se trouve une cornière circulaire soudée au bol en quelques-uns de ses points, mais laissant en tous les autres un libre passage aux liquides introduits. Il résulte de cette disposition que le

lait amené dans le bas de l'écrémeuse est obligé de passer

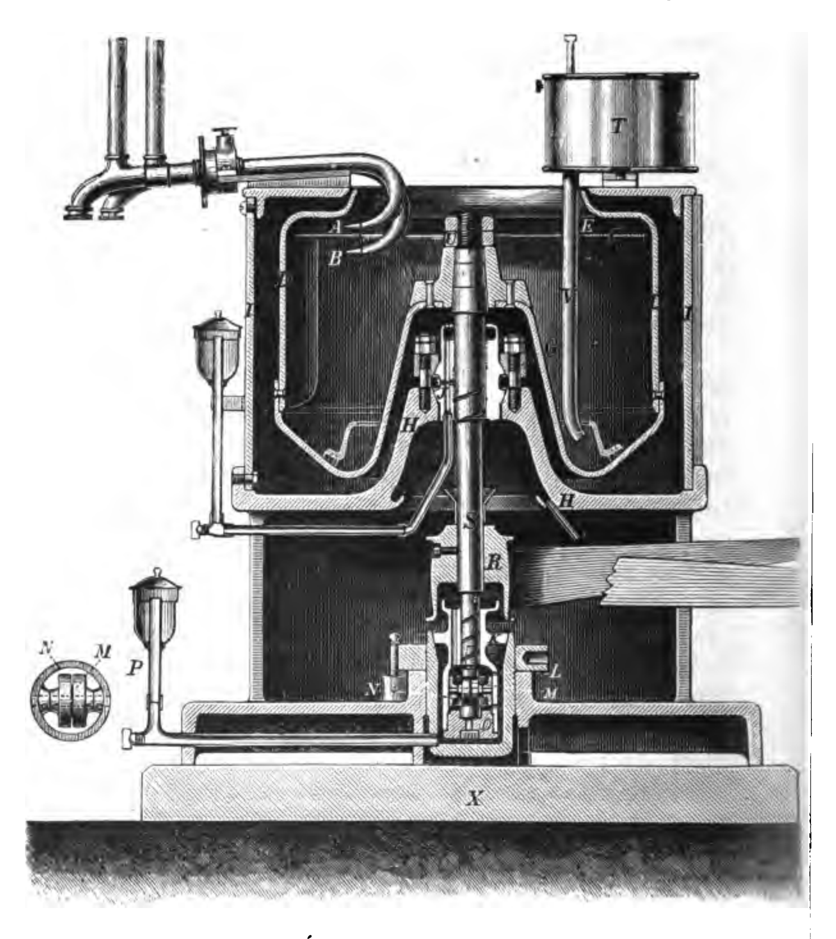


Fig. 32. — Écrémeuse de Burmeister et Wain.

entre la cornière et le tambour; il est donc sous l'influence

de la rotation réparti horizontalement, et il suit la paroi

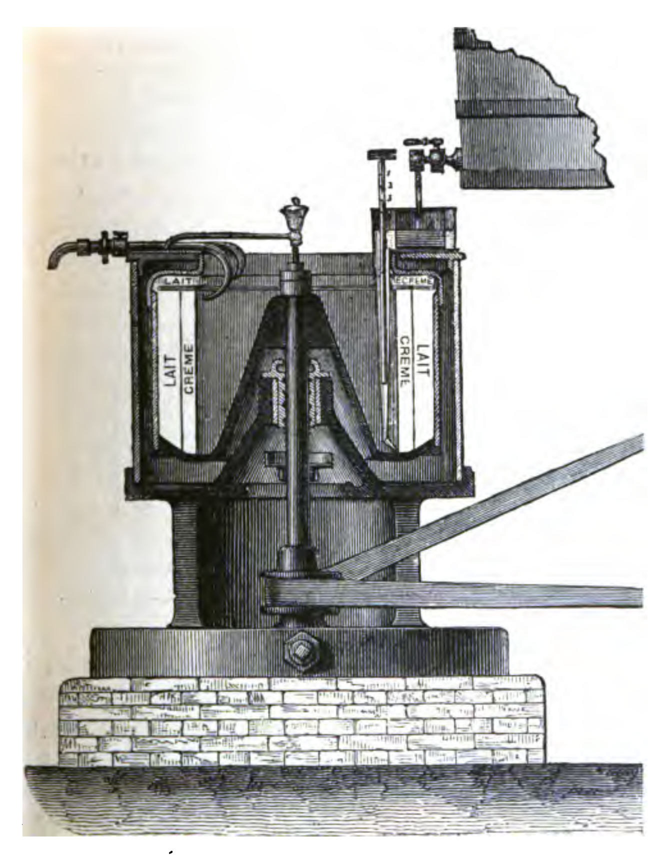


Fig. 33. — Écrémeuse Burmeister et Wain, coupe générale de l'appareil en marche.

inférieure ou le fond du bol lui-même. Cette disposition présente de sérieux avantages. Le lait ainsi distribué en nappe horizontale, ne traverse plus la couche de crème

déjà formée; il ne la perce pas, il se glisse sous elle, et cette ingénieuse amélioration suffit à augmenter sensiblement le rendement.

Pour terminer cette description du cylindre, il nous reste à signaler l'adjonction dans l'intérieur du tambour de deux ou trois larges ailettes soudées à la paroi et orientées dans le plan de l'axe; elles ont pour but d'entraîner le lait dans la rotation.

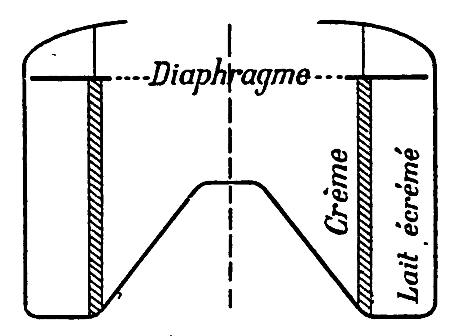


FIG. 34. — COUPE SCHÉMATIQUE DE L'ÉCRÉMEUSE EN MARCHE.

Il est certain que si elles n'existaient pas, le liquide n'aurait pas à beaucoup près la vitesse du bol; il est facile de constater qu'en tournant entre les mains une carafe ou une cuvette pleine d'eau, le liquide n'est pas entraîné dans la rotation et semble même rester immobile.

Nous pouvons nous rendre compte maintenant du fonctionnement de l'appareil.

Si pendant que l'écrémeuse tourne, on fait arriver du lait entre le fond et la cornière circulaire, le liquide se répand le long des parois verticales, son épaisseur augmente : peu à peu la crème se sépare et elle va se plaquer en couche cylindrique à l'extérieur de la couche de lait,

c'est-à-dire que dans une section faite par l'axe, on verrait comme l'indique la figure 34, à droite et a gauche de la ligne verticale de rotation, deux rectangles de lait revêtus dans la face qui regarde l'axe d'une couche de la crème séparée.

Si l'on suppose maintenant que pendant la marche on prélève d'une manière continue sur la portion libre du liquide une certaine quantité de matière en dessus et en dessous de la cloison horizontale, les conditions d'équilibre vont changer.

On recueillera d'abord de la crème des deux côtés, on continuera à en récolter au-dessous de la cloison; mais en haut, l'on n'obtiendra bientôt plus que du lait écrémé, car cette portion du tambour communique avec la partie la plus éloignée de l'axe seulement, la cloison étant plus large que l'épaisseur du liquide.

La séparation de la crème et du lait est donc faite. Il s'agit de recueillir séparément les deux liquides. Le bol rotatif est enfermé dans un cylindre de tôle fermé en partie par un couvercle qui ne laisse libre que l'ouverture circulaire du bol de l'écrémeuse.

Sur ce couvercle sont fixés deux tubes horizontaux orientés suivant des rayons du cercle d'ouverture. Ces tubes sont recourbés en col de cygne pour arriver à pénétrer dans le tambour sans toucher les parois; on recourbe en outre horizontalement leur dernière extrémité libre, de manière à faire environ un angle de 45° avec le rayon, et on dirige cette deuxième courbure au devant de la rotation du liquide, A et B, fig. 32.

On conçoit qu'en déplaçant horizontalement ces tubes dans le sens du rayon, en les éloignant de l'axe, on finit par aborder la couche de liquide; à ce moment sous l'influence de la rotation, ce liquide pénètre et circule dans le tube et, continuellement poussé par les cou-

ches successives, il arrive à couler d'une manière continue par l'autre extrémité éloignée des tubes courbes, si l'on entretient l'alimentation.

Mais pour que le liquide pénètre ainsi dans les tubes courbes sans choc et sans être exposé à jaillir, il faut que l'extrémité prenante soit extrêmement mince et coupante; elle est constituée par un petit cône d'acier très trempé, façonné en forme d'emporte-pièce. On aiguise de temps en temps ces lèvres coupantes ou on retourne légèrement le petit cône vissé dans sa gaine afin qu'il présente toujours tangentiellement au liquide un bord tranchant et très mince.

Le lait ou la crème pénètrent dans ces tuyaux avec une très grande vitesse, car si la turbine de 20^{cm} de rayon fait par exemple 3000 tours par minute ou 50 tours par seconde, la vitesse est égale à $20^{cm} \times 2\pi \times 50$ soit 60^{m} environ.

Cette grande vitesse permet d'élever le liquide. Il monte si on le fait pénétrer dans un tube recourbé verticalement, et par conséquent on peut transporter non la crème qui est trop visqueuse, mais le lait écrémé qui est assez fluide, à un étage supérieur, en utilisant seulement cette force vive.

Théoriquement, le liquide pourrait monter à une hauteur égale à $\frac{v^2}{2g}$ soit $\frac{3600}{20}$ ou 180^{m}.

Pratiquement, la hauteur d'élévation est bien moindre à cause des frottements et de l'entraînement de l'air, et l'on ne peut guère faire monter ce lait écrémé à plus de 3 à 4^{m}. Il faut bien remarquer en effet que le tube est loin d'être rempli par le liquide, que la section contient de l'air qui est introduit en même temps que le lait par le cône d'aspiration, et que par conséquent la vitesse est de ce fait très sensiblement ralentie.

Dans la plupart des cas, une élévation à 2 ou 3 mètres est bien suffisante; et la facilité de l'utiliser sans frais nouveaux, sans adjonction de pompes d'aucune sorte, est un des précieux avantages de cette écrémeuse.

Il est bon de donner maintenant quelques détails de construction qui ne se rapportent pas à l'écrémage proprement dit, mais qui sont destinés à assurer à cette turbine les meilleures conditions de fonctionnement.

L'arbre vertical est en acier forgé; il est cylindrique à sa partie centrale, élargi et légèrement cône en haut, avec la large base tournée vers le sol pour recevoir le bol rotatif.

Au bas, il est terminé par un grain d'acier très fortement trempé : c'est le pivot.

La crapaudine se compose d'un bloc de bronze de révolution autour d'un axe de figure; cette masse assez lourde et massive est tournée à l'extérieur, mais sur une hauteur assez faible, de manière à figurer une portion de sphère qui repose sur une autre portion creuse correspondante ménagée dans le bâtis, et celle-ci à axe bien vertical.

On voit que l'axe de la crapaudine peut prendre toutes les positions dans l'espace, à l'intérieur d'un cône circulaire droit limite; cette disposition facilite un centrage spontané qui s'effectue lorsque le bol est en place.

A l'intérieur, le bloc de cuivre reçoit une portée d'acier dans laquelle est logé l'axe horizontal de deux petits galets verticaux maintenus fous, M et N, fig. 32.

C'est sur ces deux petites roulettes que repose l'axe de la turbine; les frottements déjà bien faibles d'après cette disposition, deviennent encore plus doux quand la crapaudine est remplie d'huile, ainsi que cela doit être au moment du travail, voir la fig. 33, page 203.

Le bol est tourné et équilibré par tâtonnements; le

constructeur fait en sorte que l'axe de rotation coïncide avec l'axe matériel, et dans ces conditions, avec le mode d'appui que nous venons d'indiquer, la rotation est des plus douces et des plus régulières. La turbine lancée à sa vitesse conserve si bien son mouvement, qu'elle tourne

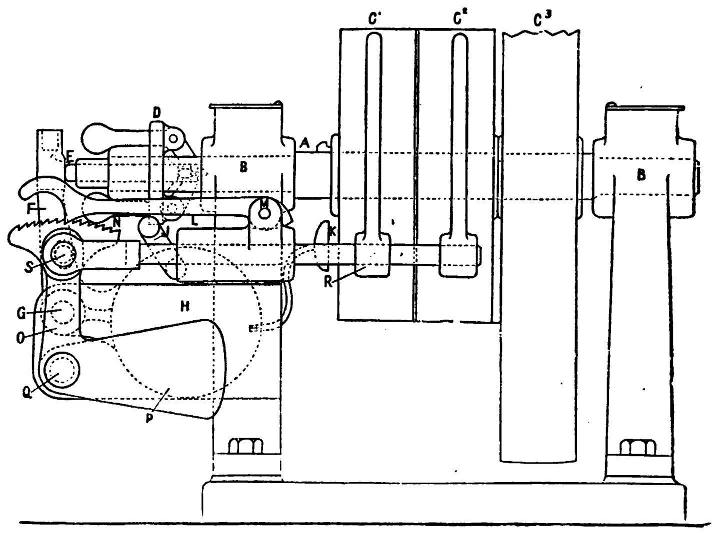


Fig. 35. — Intermédiaire de l'écrémeuse B et W.

encore pendant dix minutes ou un quart d'heure avant de s'arrêter, alors que l'impulsion est suspendue ou que la poulie motrice est débrayée.

Le graissage de l'arbre s'opère sans difficulté, en maintenant de l'huile dans son palier vertical. L'arbre porte une cannelure hélicoïdale, l'huile arrive par le bas et elle est élevée dans le palier de bronze par l'hélice qui fait fonction de vis d'Archimède; les quelques gouttes d'huile qui parviennent à la partie supérieure du palier

contribuent encore par la pression à maintenir un graissage régulier et constant.

Le mouvement est reçu par une poulie à joues; cette poulie est montée entre le palier et la crapaudine.

L'intermédiaire. — La vitesse de la turbine est trop considérable pour être transmise directement et il est nécessaire d'employer un mouvement intermédiaire de transmission; une petite poulie qui reçoit le mouvement de la transmission principale et une autre plus grande qui le renvoie à la poulie de l'écrémeuse.

Cet intermédiaire est adjoint à tous les systèmes de centrifuges, mais selon le constructeur, il est muni de moyens de débrayages ou d'embrayages différents.

Il est important d'embrayer la turbine doucement; une commande par engrenage pour des appareils lourds et tournant vite est mauvaise en principe, parce qu'elle expose à des accidents de rupture, et il est presque nécessaire d'adopter la transmission par courroies ou par cordes.

Dans l'écrémeuse de de Laval, dans celle de Lefeldt, la commande s'effectue par un câble ou une corde actionnant une petite poulie à gorge, et un embrayage à friction qui détermine le mouvement de la poulie principale. Cette disposition permet une mise en marche graduée et lente à volonté; le cylindre et le cône de friction ne prennent contact que peu à peu, et l'ensemble comporte alors bien peu de dangers de ruptures.

Dans l'écrémeuse de Burmeister et Wain, la commande s'établit en faisant passer peu à peu la courroie de la poulie folle sur la poulie fixe; on commence par faire l'entraînement du bol à la main, et lorsque la rotation est déjà bien accentuée on pousse la courroie jusqu'à ce que le mouvement en s'accélérant atteigne la vitesse normale. C'est l'affaire de quelques minutes au plus.

Un excès de vitesse pourrait être dangereux, quoiqu'en général les appareils soient si bien construits qu'une vitesse même exagérée ne soit pas beaucoup à craindre.

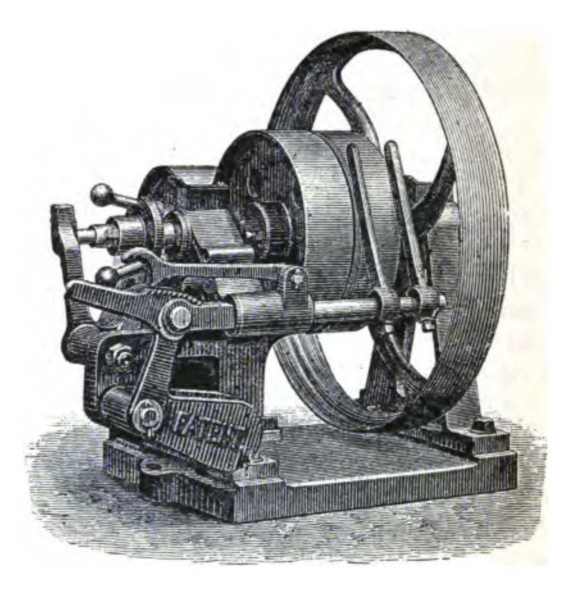


Fig. 36. — Intermédiaire de l'écrémeuse B. et W. Débrayage automatique.

Cependant ces vitesses plus grandes que la normale sont à éviter, et c'est dans le but d'écarter tout danger que l'écrémeuse de Burmeister porte un appareil destiné à empêcher le bol de dépasser une vitesse donnée, fig. 35 et 36.

Cet appareil est basé sur l'action de la force centrifuge; un petit système à boule monté sur l'axe hori-

zontal de l'intermédiaire est maintenu appliqué par un poids tenseur. Lorsque l'intermédiaire de la machine est en mouvement, les boules s'écartent plus ou moins suivant la vitesse de la rotation, en combattant l'action du poids antagoniste.

Ce régulateur à boules est relié à une tige folle dans le tuyau formant axe, et le petit cylindre d'acier est appliqué continuellement contre le point relié aux sphères par un gros poids mobile autour d'un levier double qui se meut dans un plan vertical.

D'après cette disposition, on comprend que l'extrémité du levier suit le mouvement des sphères du régulateur. Si les sphères s'écartent, le levier s'avance dans un sens sollicité par le poids; si les boules se rapprochent, c'est l'action de la première masse qui se fait sentir, la goupille est chassée et elle repousse le levier malgré l'appel du poids dont il est chargé.

Ces mouvements variables avec la rapidité du mouvement de rotation permettent d'établir un débrayage pour une vitesse supérieure à un maximum donné. Pour cela un des points du levier mobile porte un doigt en métal qui soulève à un moment donné un cliquet appuyant sur une portion de crémaillère. A l'état d'équilibre, le cliquet empêche tout mouvement de la portion de roue à rochet; mais s'il est soulevé, cette roue sollicitée par un poids tenseur tourne autour d'un point fixe et repousse une tige qui se meut alors horizontalement. C'est sur cette barre que sont montées deux traverses métalliques entre lesquelles passe la courroie de commande.

Si le mouvement est normal, la courroie passe sur la poulie fixe, mais si la rotation s'accélère par trop en dépassant la vitesse correspondant à un bon travail ou à la sécurité, le doigt vient soulever le cliquet; la roue à

rochet se déplace, entraînant la tige, et la courroie est repoussée sur la poulie folle.

Ce passage qui correspond à une très grande vitesse est annoncé par une sonnette reliée à un des poids tendeurs. Par la rapidité de la rotation, le timbre s'élève et il arrive précisément au moment du débrayage à toucher une petite tige qui le fait résonner à chaque tour.

L'ouvrier est donc averti que son appareil tourne trop vite d'abord et ensuite que son écrémeuse est débrayée; il s'empresse de faire signe au mécanicien de ralentir le mouvement et en même temps il va à la turbine replacer le cliquet lorsque le mouvement s'est un peu ralenti.

D'après cette description, on voit les avantages et les défauts de cette disposition.

L'avantage incontestable qu'elle présente est d'éviter à peu près tout accident d'une manière certaine, puisque le centrifuge ne tourne jamais plus vite qu'au nombre de tours pour lequel il a été construit, mais l'inconvénient de ce dispositif est d'exiger l'intervention de l'ouvrier; si celui-ci ne venait pas réembrayer, l'écrémeuse s'arrêterait.

Il est évident qu'un débrayage automatique avec réembrayage serait préférable, et c'était précisément de ce mécanisme double que les intermédiaires avaient été munis précédemment.

L'arbre de l'intermédiaire passait fou dans la poulie de commande, mais celle-ci portait articulée en un de ses points deux fortes pinces à mâchoires reliées par un ressort qui les appliquait fortement contre l'arbre; celui-ci entraînait la poulie si la rotation était lente, car les mâchoires de la pince constituaient une connexion complète; mais si la vitesse dépassait une certaine limite, les pinces s'écartaient sous l'influence de la force cen-

trifuge et la poulie devenait folle. Si par la suite la vitesse diminuait, les pinces grippaient de nouveau et l'écrémeuse était réembrayée, fig. 37.

Ce dispositif très simple aurait mérité d'être étudié plus à fond et perfectionné.

Son seul défaut s'aperçoit immédiatement : c'est le

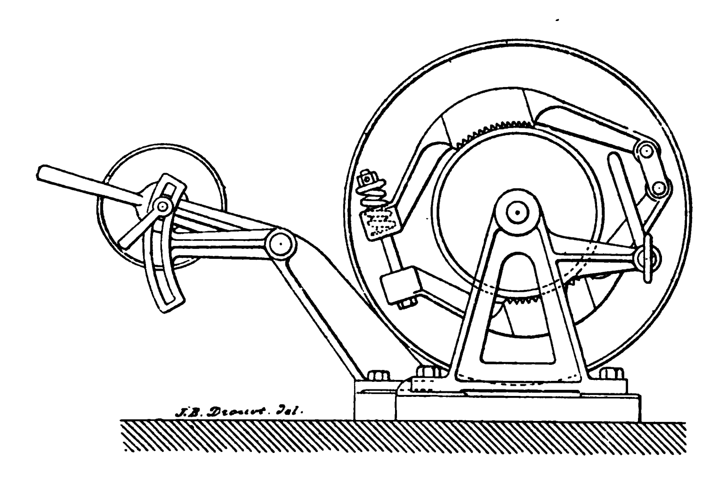


FIG. 37. — ANCIEN DÉBRAYAGE DE L'ÉCRÉMEUSE B. ET W.

manque de précision. Il est évident que l'appareil est peu sensible, qu'il fonctionnera d'une manière certaine par exemple entre 3 et 5000 tours, mais que la vélocité exacte correspondante est difficile à connaître et même probablement variable avec les expériences.

Dans quelques écrémeuses, d'autres constructeurs ont retrouvé des dispositions analogues à celle que nous venons de décrire : l'embrayage se fait par friction, et le cône extérieur est constitué par des portions planes ap-

pliquées par des ressorts à boudin sur le cône interne.

Si la vitesse dépasse une certaine limite, ces ressorts se compriment sous l'influence de la force centrifuge, le débrayage s'opère, mais le système se remet de lui-même à fonctionner si le nombre de tours diminue.

Du reste, en général, après quelques jours d'étude de la part du mécanicien, on arrive à une telle régularité de fonctionnement que tous ces débrayages entrent bien rarement en fonction.

Appareils d'alimentation. — Ces réservoirs ont été modifiés à plusieurs reprises et définitivement simplifiés dans ces dernières années. Le lait amené d'un bac d'attente, d'un réservoir quelconque, passe, si la température est trop basse, dans un des réchauffeurs que nous avons décrits, puis il coule dans un système de plusieurs filtres en toile métallique pour arriver finalement dans un vase de fer-blanc qui sert de distributeur. C'est dans ce récipient qu'est placé l'appareil de réglage consistant en une tige rigide que l'on enfonce plus ou moins dans le tuyau d'écoulement du lait. Il est clair que plus cette tige sera enfoncée, plus il y aura de résistance à l'écoulement du liquide, et par conséquent plus le débit diminuera.

Des expériences directes préalables permettent de graduer la tige, et on inscrit alors en ses différents points le débit correspondant.

Dans la pratique on l'enfoncera, par exemple, jusqu'à 400, 500 litres, et on sera sûr que l'alimentation ne dépassera pas ce chiffre.

Si, en possession de ce moyen de réglage, on ne pouvait pas au besoin modérer l'arrivée du lait, le liquide dépasserait quelquefois le niveau normal si l'arrivée était trop vive et il déborderait au-dessus de l'alimentateur.

On modère l'afflux du lait en plaçant dans le petit

réservoir et à l'intérieur du premier filtre un flotteur en fer-blanc, de forme cylindrique, terminée haut et bas par deux cônes. En haut est en outre adaptée une légère tige servant de guide : on l'introduit dans le tuyau d'arrivée du lait.

Si le liquide est envoyé en quantité plus grande que celle qui peut être débitée avec le réglage correspondant, le niveau s'élève, le flotteur monte, et sa surface conique vient obstruer le tuyau d'alimentation contre lequel elle s'applique : l'afflux du lait est interrompu; alors peu à peu le niveau s'abaisse, puisque la sortie continue à se produire, et il advient que lorsque le niveau a baissé suffisamment, le flotteur descend, dégage le tube d'amenée et l'alimentation recommence. En réalité, dans la pratique, ces mouvements d'obstruction et de réouverture se succèdent avec une très grande rapidité et le flotteur exécute autour de sa position d'équilibre des oscillations assez rapides; l'alimentation peut être considérée comme constante.

Ce dispositif est en somme très simple et très suffisant, mais il est clair que l'on pourrait en employer bien d'autres des plus faciles à imaginer.

L'ingénieur allemand Lefeldt a combiné un alimentateur à niveau constant donnant par conséquent un écoulement régulier, puisque la pression ou la charge sont constantes.

En principe, son appareil consiste en un grand vase flottant dans l'eau contenue dans un deuxième réservoir enveloppant.

Il est clair qu'à bien peu de chose près, le niveau d'un liquide d'une densité se rapprochant de celle de l'eau et versé dans le vase intérieur sera constant quel que soit le volume introduit; car ce vase intérieur flotte, avons-nous dit, il déplace par conséquent un volume d'eau don-

le poids égale le poids du flotteur et de son contenu; si l'on ajoute une hauteur d'un centimètre de lait, il est évident que le flotteur s'enfoncerait exactement d'un centimètre de plus, si l'épaisseur des parois était négli-

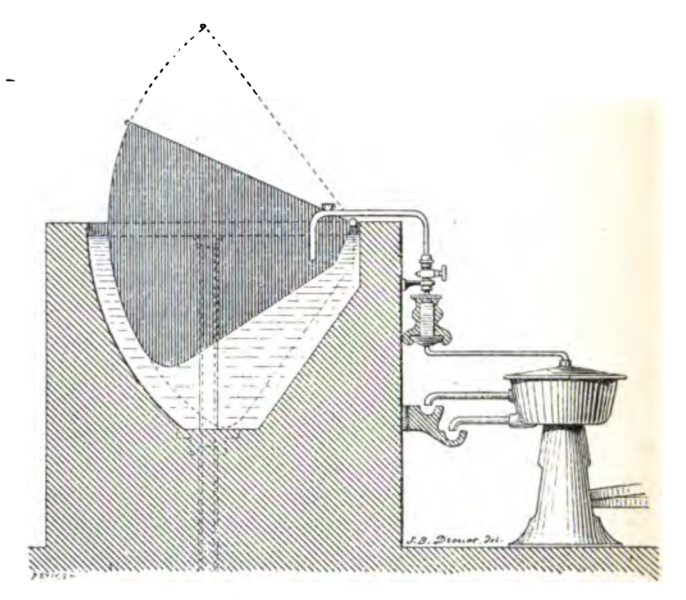


FIG. 38. — ALIMENTATEUR LEFELDT.

geable. Mais si pratiquement il n'en est pas tout à fait ainsi, il est certain que la différence n'est que très petite et que le niveau est à bien peu près toujours le même.

Si l'on extrait alors le lait contenu dans ce vase par un siphon fixe, l'écoulement sera constant sous une charge constante.

Le flotteur Lefeldt est ingénieusement disposé : c'est

une grande caisse cylindrique dont la directrice est un secteur de cercle ; la ligne des centres est un axe de rotation autour duquel tourne le bac ; cette disposition fixe l'évolution du flotteur et elle est très satisfaisante dans la pratique.

Dans l'écrémeuse Burmeister et Wain, le tuyau dans lequel se meut la tige de réglage est légèrement recourbé à la partie inférieure et dirigé alors presque suivant une tangente à la circonférence correspondante du tambour : le lait est par cela même déjà lancé avec une certaine vitesse dans le sens du mouvement ; c'est un léger travail de moins pour la turbine.

Ce tuyau aboutit à l'intérieur de la cornière circulaire dont nous avons parlé, et par conséquent le lait file sous l'espace compris entre cette cornière et le tambour pour aller s'ajouter à la couche cylindrique du liquide en rotation.

Montage de l'écrémeuse. — Dans ce centrifuge, l'arbre étant invariablement relié au bol, tout l'ensemble n'a qu'un axe de rotation qui doit être l'axe de figure. Il est donc absolument nécessaire d'établir pour le soutien de cet appareil des fondations solides et parfaitement fixes.

Les constructeurs conseillent de sceller les boulons de l'écrémeuse dans de larges massifs de maçonnerie ayant au minimum 80 à 90 cent. de profondeur. On creuse alors dans le sol des fosses légèrement plus larges que celles qu'indique le dessin fourni avec l'appareil et on monte dans ces trous, une maçonnerie en brique ou en béton ; des pierres massives, des blocs de granit conviennent également ; les dimensions de ces blocs, ou leur section, dépendent des conditions de terrain ; on les agrandit si le sol est meuble ou peu solide, on peut les restreindre si l'on bâtit sur du rocher.

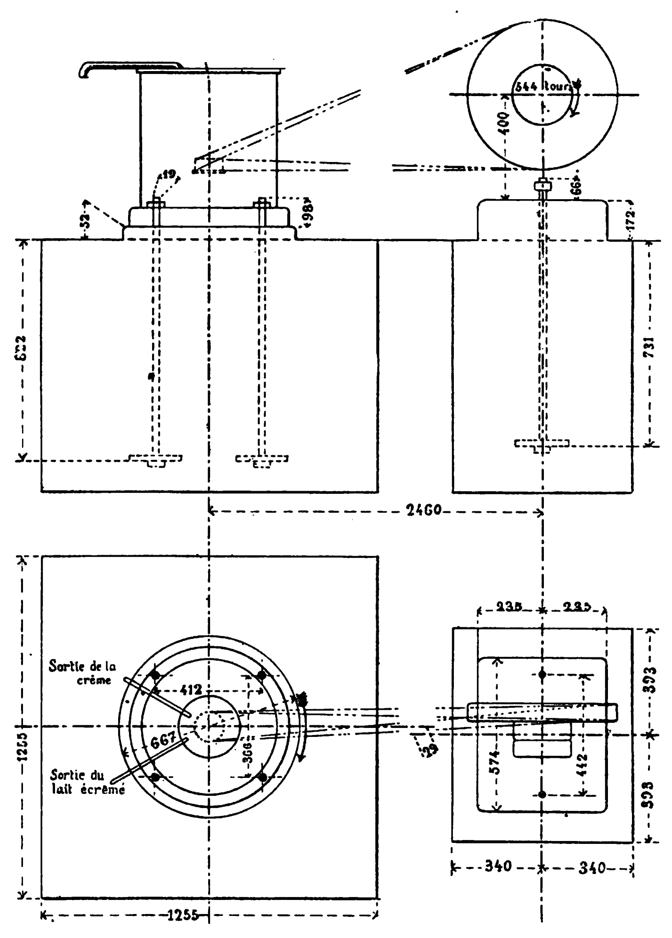


Fig. 39. — Montage de l'écrémeuse B. et W.
Modèle B.

En tout cas, lorsque l'on est parvenu à la hauteur de

la base des boulons de scellement, on établit le dispositif de l'ensemble.

Il est bon pour cela de faire construire un gabarit en planches clouées, sur lesquelles on dessine les emplacements des boulons d'après le croquis du constructeur. Les boulons de fondation sont au nombre de six, deux pour l'intermédiaire, quatre pour l'écrémeuse; lorsque leurs axes sont dessinés sur le gabarit, on perce à l'intérieur des trous de diamètre convenable, on place les boulons verticalement, reposant d'une part sur le massif de maconnerie et passant à leur partie supérieure dans les trous de la planche; ils sont donc désormais dans la position qu'ils doivent occuper, et il ne reste plus qu'à les entourer par la maçonnerie de briques bien cuites et ciment par exemple.

Les croquis fournis par les constructeurs conduisent à une assez faible hauteur de l'ouverture de l'écrémeuse au-dessus du sol; le massif de briques ou ciment n'a que 6 à 7 centimètres au-dessus du plancher; il nous paraîtrait bon d'augmenter ces dimensions et de soulever bien entendu de la même quantité le bâti de l'intermédiaire.

L'écrémeuse placée plus haut est d'accès plus facile pour l'ouvrier qui doit moins se baisser; mais si l'on adopte cette surélévation, il faut s'arranger de telle sorte que la solidité ne soit pas compromise; dans une installation récente faite dans ces conditions, nous avons établi l'écrémeuse sur un disque de fonte du poids de 150 kil. environ; cette plaque façonnée en forme de roue a reçu le ciment que l'on coule en dernier lieu sous l'axe centrifuge par les trous de sa base, et ainsi reliées, les pièces ne constituent plus qu'un tout parfaitement solide et résistant, ne vibrant plus par la rotation, et rassurant par conséquent sur les dangers qui pourraient

se produire par suite d'une dislocation du bâti.

Les boulons une fois scellés en place, reçoivent l'écrémeuse dont les trous ménagés à la base de fonte correspondent à l'emplacement des tiges; le montage, qui est des plus simples, ne nécessite qu'une précaution particulière importante.

Il faut que l'arbre soit parfaitement vertical ou que la section du tambour soit horizontale, ce que l'on constate à l'aide d'un niveau à bulle d'air; on pousse de petites cales en tôle sous la plaque de fondation jusqu'à ce que cette horizontalité soit rigoureusement obtenue, puis on serre les boulons à bloc; l'intermédiaire est établi et scellé d'une façon analogue.

On s'assure que tout est en place convenable et l'on peut établir la courroie de connexion entre l'intermédiaire et l'écrémeuse, après avoir pris toutes les précautions de montage, tous les soins qu'indiquent des prospectus spéciaux auxquels nous renvoyons.

Les choses étant en place, les godets remplis d'une huile spéciale d'une pureté parfaite, on donne doucement le mouvement en commençant à tirer à la main, le brin menant de la courroie de commande, c'est le brin incliné dont le déplacement se fait dans le sens de l'écrémeuse à l'intermédiaire, de sorte qu'en ayant sous les yeux l'écrémeuse à gauche et l'intermédiaire à droite, les poulies de cet intermédiaire tournent dans le sens des aiguilles d'une montre.

Peu à peu, à mesure que, sollicité ainsi à la main, le tambour a pris une certaine vitesse, qui va en s'accélérant, on commence à faire passer progressivement la courroie de commande de la poulie folle de l'intermédiaire sur la poulie fixe, et au bout de quelques instants l'écrémeuse a atteint sa vitesse normale.

On doit s'assurer alors qu'elle tourne sans difficulté et

qu'elle ne vibre pas. S'il y avait quelque défaut dans le mouvement, on le corrigerait en tournant légèrement à droite ou à gauche le plancher de la crapaudine, ce qui correspond à un abaissement ou à une élévation de l'arbre. Ces mouvements du palier ne doivent être conduits qu'avec une grande prudence, car il faut savoir que le réglage a déjà été déterminé par le constructeur et que les défectuosités ne sont certainement pas très considérables.

Le plancher se déplace au moyen d'une vis manœuvrée à la main par un petit levier, et on le fixe dans sa position d'équilibre par un goujon qui entre dans les entailles d'une sorte d'engrenage dont est muni ce palier. Le goujon empêche la rotation de cette roue en la reliant au bâtis.

Dans les déplacements à effectuer, presque toujours la rotation d'une dent suffit à régulariser le mouvement; si l'arbre vibre, c'est que le palier est trop haut, et on le descend jusqu'à ce que tout mouvement latéral ait disparu.

Il se produit quelquefois un léger ronflement dans la marche à vide; il disparaît lorsque l'écrémeuse est remplie.

Du reste, la marche à vide ne doit jamais être prolongée; il pourrait arriver que, par suite de la tension de la courroie, l'arbre se décentrât légèrement, et dans ce cas, la crapaudine chaufferait.

Cette marche n'est utile que lors du premier réglage; mais une fois que la position normale des pièces est établie une fois pour toutes, il est bon de charger l'écrémeuse de liquide aussitôt qu'elle est en mouvement; le poids ajouté alourdit l'ensemble et empêche une inclinaison de l'arbre qui pourrait être non pas dangereuse, mais nuisible à la bonne conservation des pièces.

Mise en marche. — Aussitôt que l'écrémeuse commence à tourner, on ouvre le robinet d'alimentation pour remplir le cylindre assez rapidement. Si l'écrémeuse doit marcher 6 à 8 minutes avant d'atteindre sa vitesse normale, il faut se rappeler que ce temps correspond à peu près à l'écrémage et qu'il semble nécessaire de laisser séjourner le lait 5 minutes au moins dans le bol pour que la crème soit complètement séparée.

On écarte le tube à lait écrémé, c'est-à-dire que l'on éloigne la lèvre coupante de la surface cylindrique du liquide, on la rapproche du centre en donnant quelques tours à la vis de commande.

Dans cette position relative des deux tubes, c'est le tube à crème qui va entrer en fonction le premier aussitôt que la couche de liquide sera d'épaisseur suffisante : cette condition est importante à remplir.

Si l'on commençait l'écoulement par le tube à lait écrémé, la crème s'épaissirait dans le bol et aurait ensuite beaucoup de peine à pénétrer dans son tuyau de sortie. Au contraire, par la manœuvre que nous indiquons, il entre d'abord par ce tube à crème une quantité de liquide égale à celle qui est fournie par l'alimentation; c'est un mélange de crème et de lait assez fluide pour s'écouler facilement.

Mais aussitôt que cet écoulement est établi, on commence à rapprocher le tube à lait écrémé de la surface du liquide, et à un moment donné ce tube arrive à toucher la surface et à puiser à son tour.

L'écoulement de la crème a diminué par cette manœuvre; on observe et on compare les débits de la crème et de lait écrémé, on enfonce ou on retire le tube à petit lait jusqu'à ce que le rapport entre les deux débits ou jusqu'à ce que le tant pour cent de crème soit précisément celui que l'on veut obtenir.

La description seule de cette mise en marche place aussitôt en lumière les avantages précieux de cette écrémeuse de Burmeister.

La proportion de crème à obtenir est variable à volonté et pendant la marche.

On peut retirer du lait une crème épaisse et compacte, si riche en matière grasse qu'elle mériterait presque le nom de beurre; il est d'autre part aussi facile de préparer une crème liquide et abondante correspondant dans ce cas, au barattage, à un rendement en beurre sensiblement plus élevé, ou en d'autres termes à un écrémage poussé plus à fond.

Et ces variations s'obtiennent sans aucune difficulté par un simple jeu de la vis du tube à lait écrémé, par un déplacement dans un plan horizontal de la lèvre prenante qui, plus ou moins avancée, avale plus ou moins de liquide.

La plupart du temps le réglage réciproque des tuyaux de prise se fait par l'appréciation, mais on peut aussi l'effectuer par un mesurage.

Si l'on veut, par exemple, écrémer au sixième, c'est-à-dire retirer seize pour cent de crème, ce qui est une bonne moyenne industrielle, on se procure deux vases dont les capacités sont dans le rapport de un à cinq; ce seront, par exemple, des mesures de marchands de vin ou des éprouvettes graduées, l'une de deux cents centimètres cubes, l'autre d'un litre; celle-ci est tenue dans la main droite, la plus petite est prise dans la main gauche et on les introduit simultanément la grande sous le tuyau du lait écrémé, la petite sous le tube à crème.

Si elles s'emplissent dans le même temps, c'est que le rapport de la crème est bien un sixième; s'il y a un retard de la crème ou du lait, on rectifie par la manœuvre du tuyau de lait écrémé.

Lorsque le régime normal est établi, on fixe, par une vis de serrage, le tube à lait dans la position convenable, et il n'est plus besoin de s'occuper du fonctionnement de l'écrémeuse, si l'alimentation est régulière.

La surveillance se borne à l'examen des godets graisseurs, de la régularité de la marche, de l'alimentation et de la température du lait.

Dans tous les centrifuges, on écrème d'autant plus vite que la température est plus élevée jusqu'aux limites de 25° à 28° du moins, mais il ne faut pas oublier que la qualité du beurre paraît d'autant meilleure que la température est plus basse, dans les limites ordinaires bien entendu.

Il est préférable d'écrémer à basse température, quitte à diminuer le travail par heure annoncé par les constructeurs d'appareils.

La régularité du mouvement est indispensable et l'écrémeuse doit marcher à la vitesse pour laquelle elle est construite, soit 2,700 tours pour le modèle AA et 4,000 pour le type B.

Si ces vitesses ne sont pas atteintes, le travail est très notablement diminué.

Il s'abaisse d'abord presque proportionnellement au nombre de tours effectué, puis ensuite sa diminution devient plus rapide; une écrémeuse construite pour 4,000 tours, par exemple, n'écrème que très imparfaitement lorsqu'on la fait tourner à 2,500 ou même 3,000 tours.

Arrêt de l'écrémeuse. — Lorsque la quantité de lait à passer est épuisée, on continue à alimenter pendant quelques minutes avec du lait écrémé; quand la crème devient fluide, on cesse toute alimentation et on commence à enfoncer le tube à lait pour vider le bol; on débraye le mouvement et, pendant que la rotation se

ralentit, on soutire du liquide jusqu'à ce que le tube à lait soit au fond de sa course. Le reste du lait est retiré au siphon quand la turbine est arrêtée.

Ensuite on la nettoie à fond à l'eau chaude, puis à l'eau froide, on l'essuie enfin et elle est prête à fonctionner de nouveau; les tubes, l'alimentateur, etc., doivent être chaque fois nettoyés avec grand soin et séchés; mais pour l'écrémeuse elle-même, le démontage complet peut ne se faire qu'une fois par mois par exemple.

L'appareil que nous venons de décrire est excellent de tous points; parfaitement disposé au point de vue mécanique, exécuté avec soin et habileté par des ouvriers exercés, il ne laisse absolument rien à désirer sous le rapport de la construction.

On lui a fait le seul reproche d'aérer la crème et le petit lait, c'est-à-dire de faciliter, probablement par cet aérage, une altération ultérieure. Nous n'avons jamais pu nous persuader que cette critique ait une certaine valeur.

L'aération du lait écrémé est de peu d'importance; si l'on tient à conserver ce liquide quelque temps, rien n'est plus facile que de le pasteuriser.

L'inconvénient relatif à la qualité de la crème serait plus grave s'il était fondé, mais nous ne pensons pas que ce soit le cas : il existe des milliers de ces écrémeuses en Danemark, en France, dans les pays, dans les contrées les plus renommées pour la qualité du beurre, et nulle part nous n'avons entendu parler de réfraction sur ces produits; aucune dépréciation n'a jamais été établie, et nous ne pensons pas que ce fait d'aérer la crème soit préjudiciable à la valeur de la marchandise.

Il nous paraît donc tout à fait inutile d'essayer d'éli-

miner cet air introduit en plaçant la crème dans des récipients mis en communication avec une machine pneumatique; les microbes auxquels, d'après les belles recherches du docteur Storch, il convient d'attribuer le développement de l'arome du beurre, sont en partie des aérobies et la présence de l'air leur est indispensable loin de leur être nuisible.

Écrémeuse de Laval, fig. 40. — Cette écrémeuse, qui donne d'aussi bons résultats pratiques que la précédente et mérite les mêmes éloges, se distingue par la simplicité de sa construction et la facilité de son nettoyage. Depuis plusieurs années lancée dans le commerce et toujours perfectionnée par l'ingénieur de Laval, elle est devenue un des centrifuges les plus adoptés, et les plus justement appréciés.

Le tambour dans lequel se fait l'écrémage présente en section à peu près la figure représentée par deux cercles égaux tangents et raccordés par leur deux tangentes paralèlles communes; c'est presque un ellipsoïde de révolution aplati autour de l'axe qui est vertical. Ces bols sont aujourd'hui construits en acier embouti et d'une solidité à toute épreuve; jamais nous n'avons entendu parler d'accidents causés par ces écrémeuses.

Le tambour présente à sa partie supérieure une large ouverture circulaire qui sert à la fois à l'introduction du lait et à la sortie des produits.

A la partie inférieure est soudée une petite coupelle en acier qui reçoit le lait à écrémer et l'envoie par un tube rasant le bas du tambour derrière la couche de lait en rotation.

Le long des parois et dans le plan d'une section court un tube qui, de l'extrémité du plus grand axe, s'élève en suivant le contour du bol et vient aboutir

près de l'orifice du trou supérieur qui, dans les écré

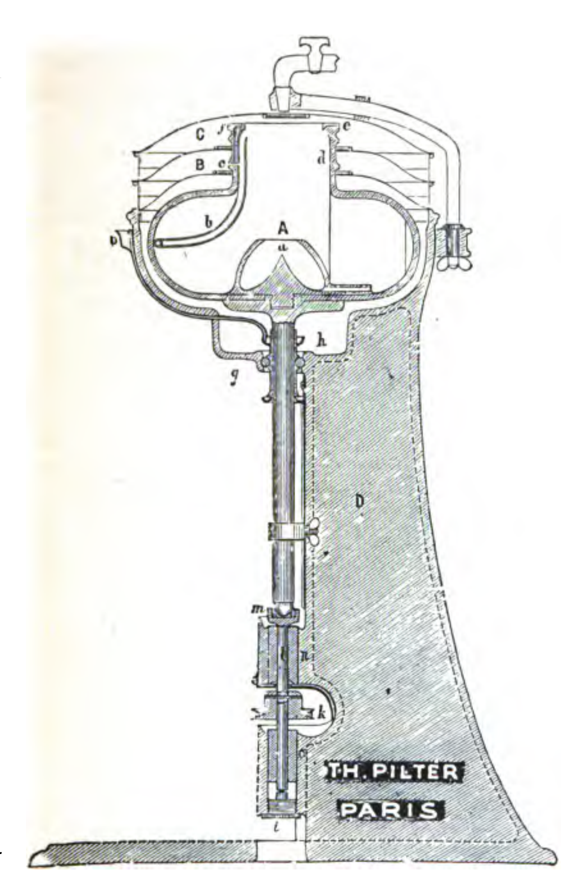


Fig. 40. — Écrémeuse de Laval. Échelle $\frac{1}{15}$.

meuses les plus récentes, porte un prolongement cylindrique; ce tuyau servira à évacuer le lait écrémé, son

orifice est fermé plus ou moins avec une vis que l'on tourne dans un sens ou dans l'autre: c'est de cette façon qu'en faisant varier la section de l'orifice de sortie du lait écrémé, on règle la quantité de liquide écoulé dans l'unité de temps et que l'on est à même de changer le rapport de la crème au lait ou la densité de la crème. En ouvrant ou en débouchant l'orifice, le lait écrémé trouvant un plus libre écoulement passe en plus grande abondance, et l'on recueille de la crème plus compacte. En obstruant cet orifice, on force une partie du lait à se détourner de ce chemin; cette partie passe alors avec la crème qu'elle dilue tout en augmentant son taux pour cent.

La crème s'écoule par une petite fente ménagée à la partie supérieure dans la portée cylindrique du bol légèrement recourbée ou cintrée vers son ouverture.

Avec ces dispositions on comprend facilement le fonctionnement de cette écrémeuse : si l'on introduit du lait dans l'appareil en rotation rapide, le liquide se sépare en deux couches : une couche de crème formant un cylindre intérieur et s'appuyant sur un fond de lait écrémé qui est lui-même appliqué contre les parois. Si on continue l'alimentation, les épaisseurs respectives de ces deux couches augmentent et il arrive un moment où elles s'écoulent toutes deux à l'extérieur; elles sortent par les orifices en jets vigoureux qui se déplacent l'un et l'autre dans deux plans horizontaux parallèles; le lait est en bas, la crème dans le plan du dessus. Il suffit donc, pour les recueillir séparément, de placer sur le bâti fixe qui enveloppe le tambour deux récipients de fer-blanc l'un au-dessus de l'autre pour recevoir dans le compartiment inférieur le lait écrémé, dans l'autre la crème, et ces deux liquides sont en rapport constant si l'alimentation et la rotation sont constantes.

Si l'on force l'alimentation, la crème devient plus abondante et diluée.

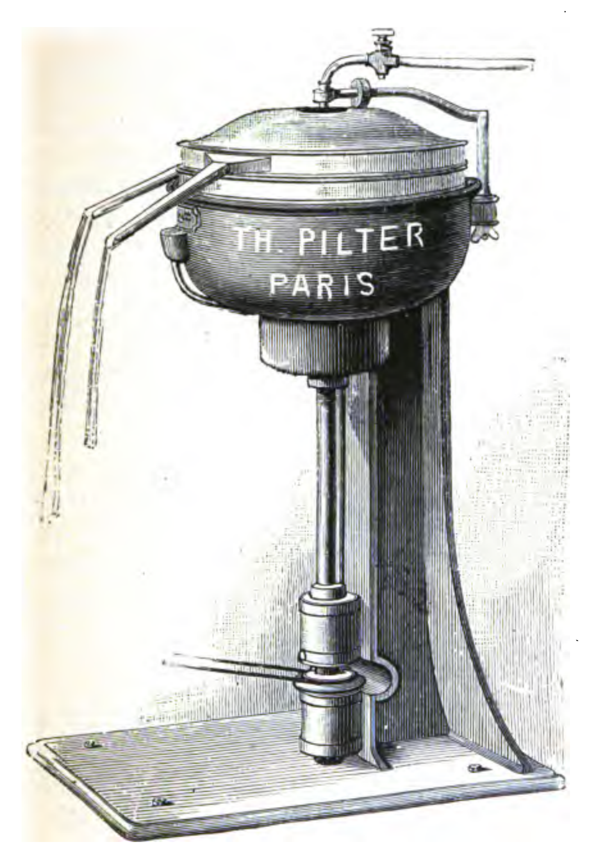


FIG. 41. — VUE DE L'ÉCRÉMEUSE DE LAVAL. ÉCHELLE $\frac{1}{10}$.

Mouvement. — Le bol du plus grand modèle a 34 centimètres de diamètre; il est soudé sur une pièce

verticale d'acier tournée avec lui et constituant l'axe de rotation.

L'arbre passe dans une première douille munie d'un joint en caoutchouc; il peut ainsi prendre différentes positions peu éloignées de la verticale, puis il traverse ensuite une bague directrice et vient enfin reposer dans une crapaudine dont le fond est un petit cylindre de buis.

La crapaudine est mobile; elle est animée d'un mouvement de rotation très rapide, et la turbine qui repose de tout son poids sur ce petit cylindre de buis, qui tourne, est entraînée peu à peu et finit par tourner presque avec la même vitesse que son support; le glissement est presque nul. L'arbre vertical inférieur repose sur une crapaudine fixe et il reçoit son mouvement d'une transmission à marche rapide, la commande se faisant au moyen d'un câble de cuir ou de coton passant dans des poulies à gorge. Une petite poulie de tension assure au câble une raideur suffisante pour qu'il puisse entraîner la turbine dans son mouvement. Un compteur de tours monté sur l'arbre indique le nombre de révolutions; on dispose quelquefois sur ce compteur un timbre indicateur qui résonne, par exemple, tous les cent tours, ce qui dans cette turbine arrive un peu plus d'une fois par seconde.

Le directeur de la laiterie peut donc d'un endroit quelconque suivre sur sa montre la marche de son écrémeuse et faire rectifier un mouvement trop lent ou trop rapide.

Le centrifuge fait, en marche normale, 6,500 tours, mais il n'y a aucun inconvénient à dépasser accidentellement cette vitesse. Les bols sont tellement bien établis qu'on les a fait tourner dans des essais de quelques heures, à 23,000, et dans une laiterie, par suite d'une erreur

de montage, à 12 à 15,000 tours pendant plusieurs semaines sans qu'il y ait eu de rupture. Cependant ces vitesses sont à éviter; car, dans les deux cas que nous citons, on a constaté que les bols s'étaient aplatis et que leur déformation était devenue permanente et très sensible.

Ces vitesses énormes peuvent être atteintes sans inconvénient dans l'écrémeuse de Laval; elles seraient dangereuses si l'arbre était invariablement relié à l'axe moteur, mais cet entraînement par friction, cette mobilité légère de l'arbre aux environs de la verticale donnent à tout l'ensemble une souplesse, une élasticité précieuse en même temps qu'une parfaite régularité; le moteur peut en effet varier de vitesse dans des limites même sensibles, sans que le mouvement de la turbine soit modifié dans les mêmes proportions; le pivot glisse sur son socle de buis, tantôt dans un sens, tantôt dans l'autre; la turbine fonctionne comme un volant, et son mouvement est presque uniforme. C'est grâce à ces importants détails de construction que la turbine ne nécessite tout d'abord que des fondations assez sommaires et peu coûteuses, et que d'autre part on peut la faire fonctionner par un moteur même un peu irrégulier, comme l'est un cheval travaillant à un manège.

Cette régularité du mouvement est une des plus avantageuses propriétés de cette écrémeuse dans les petites exploitations, c'est grâce à elle que l'on peut obtenir un écrémage parfait dans des conditions d'irrégularité de la puissance. Dans les mêmes circonstances, une écrémeuse à axe rigide et d'une seule pièce donnerait une crème tantôt plus compacte, tantôt plus diluée, et un travail moyen assez défectueux.

Alimentation. — L'alimentation doit être aussi régu-

lière que possible, puisqu'ainsi que nous venons de le dire, une irrégularité dans l'arrivée du lait change les proportions de lait écrémé et de crème ; on se sert comme réglage d'un petit flotteur qui vient obstruer plus ou moins l'orifice du tube abducteur si l'afflux de lait est trop rapide.

Mise en marche. — Le mouvement, dans le but d'obtenir plus de vitesse et plus de moelleux, plus de libre dans la transmission, est donné à l'écrémeuse après avoir passé sur un renvoi intermédiaire. Cette transmission accessoire se compose d'une poulie fixe qui reçoit la courroie de commande; le mouvement est communiqué à la courroie ou au câble de l'écrémeuse par une poulie de grand diamètre ; dans la gorge passe la corde qui communique la rotation à l'arbre inférieur. Mais comme le bol est pesant, il importe si l'on veut éviter de briser ou de faire sauter la commande, de communiquer progressivement la vitesse. L'embrayage de la grande poulie à gorge se fait par plateau de friction, on peut donc l'établir peu à peu en tournant à la main un petit volant qui fait avancer le plateau de commande et finit par le serrer contre la grande poulie.. Entre temps, on a commencé à mettre la turbine en mouvement en tirant à la main le câble de transmission; la vitesse est ainsi augmentée petit à petit, sans choc, sans brusquerie, et au bout de quelques instants on a atteint le nombre de tours normal. On peut commencer l'alimentation dès que l'écrémeuse prend son mouvement, et on la continue en la modérant de telle sorte que les liquides, crème et lait, apparaissent aux tubes de dégagement lorsque l'on est en pleine vitesse. A ce moment on règle le débit une fois pour toutes, et l'écrémeuse fonctionne dès lors sans qu'il soit besoin de s'en occuper davantage.

Si par hasard on trouvait que le quantum de crème n'était pas ce qu'il doit être, eu égard au débit normalement établi, il faudrait arrêter et opérer le réglage en tournant légèrement à droite ou à gauche la vis de sortie du lait. Une fois que cette vis est convenablement calée, et le constructeur se charge ordinairement de ce soin, il n'y a plus jamais à toucher à l'appareil qui dès lors peut pour ainsi dire être conduit par le premier ouvrier venu; la vitesse normale est réglée par l'ingénieur qui établit la transmission. L'arrêt, une fois que le lait est épuisé, s'obtient en débrayant l'intermédiaire, et laissant ensuite le bol s'arrêter seul, ce qui demande quelques minutes; il ne faut pas s'imaginer d'essayer de faire frein avec les mains pour ralentir le mouvement: avec la grande vitesse de ces écrémeuses, un accident est toujours à craindre, si l'on touche ces masses en mouvement si rapide.

Quand l'écrémeuse est arrêtée, on démonte les deux récipients de fer blanc et on les envoie au nettoyage, puis on retire le bol en le soulevant. Il n'y a rien qui le retienne et il s'enlève sans difficulté; on en vide le contenu puis on lave le vase à l'eau chaude et à l'eau froide; on l'essuie et on le remet en place. Toutes ces opérations sont simples et rapidement faites, et ces facilités de conduite, de démontage, de nettoyage et de remise en fonction sont de précieux avantages qu'il faut faire entrer en ligne de compte lors du choix d'une écrémeuse.

Élévation du lait par l'écrémeuse. — Il est quelquefois avantageux d'être à même d'envoyer le lait écrémé assez loin de l'écrémeuse et à une certaine hauteur On y parvient en montant sur l'arbre une vis sans fin, qui communique le mouvement à un engrenage hélicoïdal, celui-ci fait à son tour mouvoir une petite pompe rota-

tive; la dépense de force est insignifiante : dans les grandes écrémeuses où passent au maximum 600 litres de lait à l'heure, c'est dix litres par minute, c'est environ 150 ou 160 cc. par seconde; et le travail correspondant pour une hauteur de 2 à 3 mètres, suffisante dans la plupart des cas, ne s'élève pas à un chiffre bien considérable.

Débit. — Ces écrémeuses sont construites en deux modèles : le A 1 écrème 350 à 400 litres à l'heure; le deuxième modèle A 2, 550 à 600 litres.

Écrémeuse à vapeur. — Dans les circonstances où la place est à économiser ou bien lorsque l'on veut éviter d'établir une transmission, on peut adopter l'écrémeuse à moteur direct du même ingénieur de Laval.

Le mouvement est alors donné par un tourniquet à réaction alimenté par de la vapeur. La vapeur d'eau à la pression des générateurs, 4 à 5 atmosphères, parcourt les tuyaux de conduite avec une vitesse que l'on peut évaluer en moyenne à 200^m par seconde (la vitesse théorique atteint près de 400^m pour 5 atmosphères, c'est celle d'une balle de fusil ordinaire). On peut profiter de cette vélocité considérable pour faire tourner sans peine un tourniquet à réaction à 7 ou 8000 tours; on pourrait atteindre 10 à 12000.

La disposition spéciale de de Laval est simple et ingénieuse : le bas du tourniquet repose sur le tube d'arrivée de vapeur, et l'appareil roule équilibré sur un système de galets à étages; ce frottement de roulement de masses équilibrées est des plus doux. On règle la vitesse en ouvrant plus ou moins de robinet le vapeur; le compte-tours est alors nécessaire, parce que l'on n'arrive que par tâtonnements à régler le robinet de vapeur pour avoir la vitesse normale 6500 à 7000 tours.

Cette écrémeuse fonctionne d'une manière irrépro-

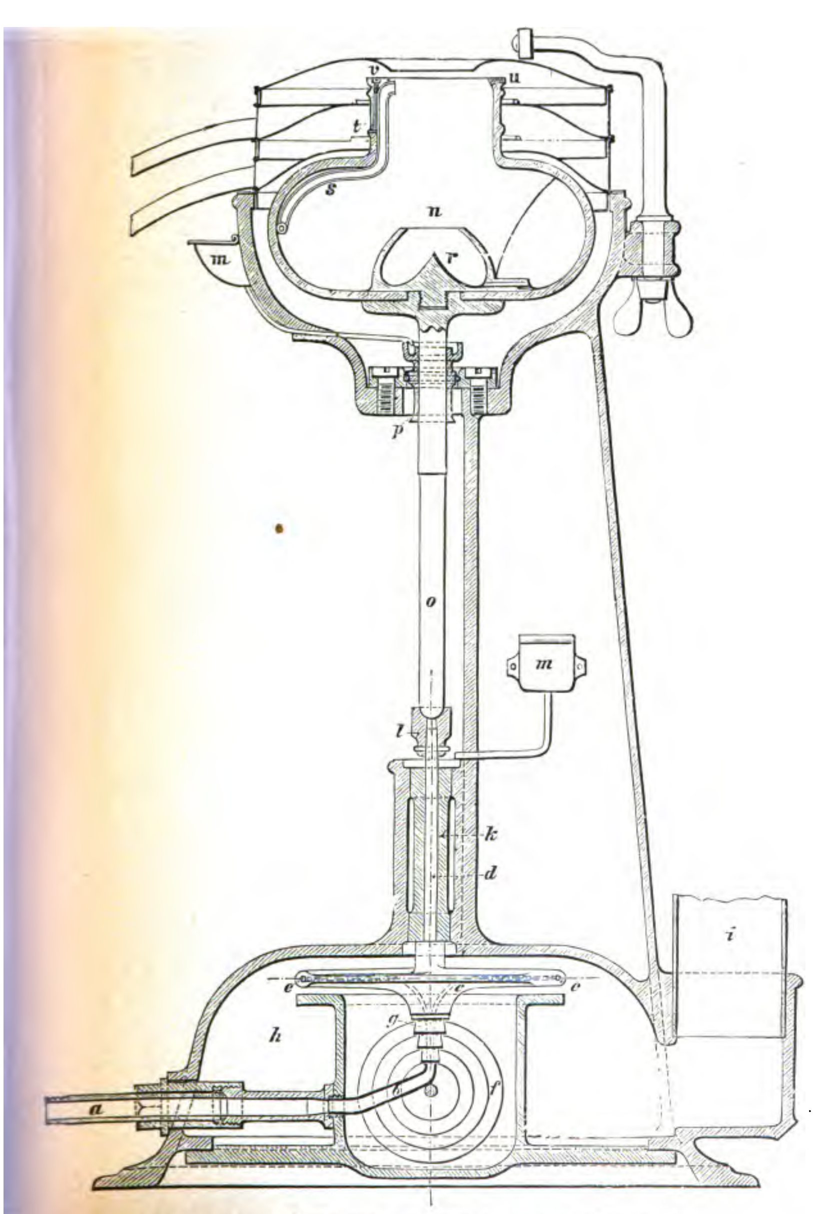


FIG. 42. — ÉCRÉMEUSE A VAPEUR DE LAVAL. ÉCHELLE $\frac{1}{8}$.

chable, mais il est évident qu'une machine aussi primitive que le tourniquet à réaction est loin d'être économique.

Les écrémeuses de de Laval ne prennent pas beaucoup plus d'un cheval de force, si encore elles le consomment; à notre connaissance, aucun essai n'a été

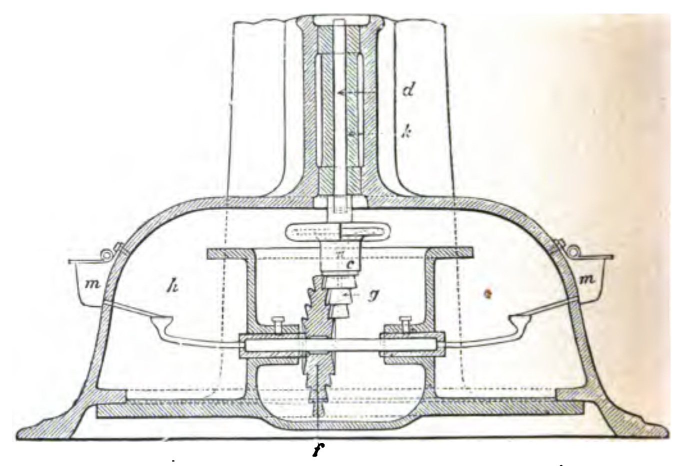


FIG. 43. — ÉCRÉMEUSE A VAPEUR; AUTRE VUE DU MÉCANISME. ÉCHELLE $\frac{1}{8}$.

fait sur la consommation de l'écrémeuse à vapeur, mais nous ne serions pas étonnés qu'elle atteignît 30 à 40 kilog. de vapeur à l'heure; il faut être placé dans des conditions spéciales pour adopter cette écrémeuse à moteur direct dont le prix est du reste assez élevé.

C'est un appareil très curieux et très commode pour les laiteries, montées dans les grandes villes, alors que l'espace est parcimonieusement ménagé; dans les conditions ordinaires d'une grande laiterie, il existe toujours une transmission sur laquelle on se branche, ou si elle

n'existe pas, il est encore plus rationnel de l'établir et de se servir de l'écrémeuse ordinaire.

Écrémeuse centrifuge de Petersen. Fig. 45 et 46. — Cet appareil consiste en deux tambours verticaux calés sur un arbre horizontal qu'on peut animer d'un mouvement de rotation très rapide. Chacun de ces tam-

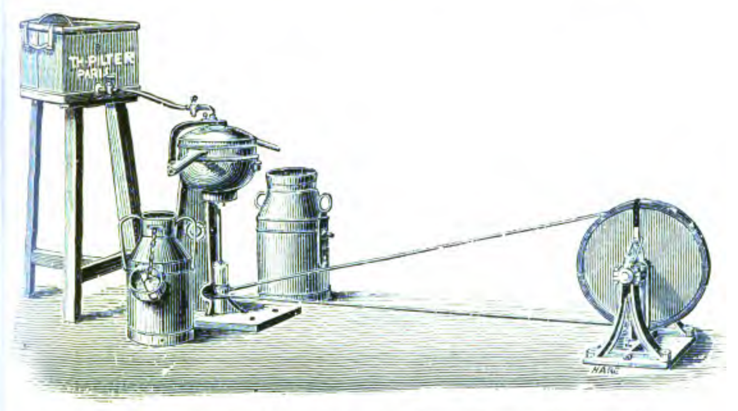


Fig. 44. — Installation d'un atelier d'écrémage Pilter. Échelle $\frac{1}{40}$.

bours est composé de deux parties tronconiques, arrondies et très évasées, accolées par leur grande base.

Deux assiettes ou deux coquilles réunies par leur bord externe donnent une idée assez correcte de leur forme. Cette turbine portait du reste en Allemagne le nom de Schaelcentrifuge. La partie centrale d'une des coquilles est enlevée, et c'est par ce trou suffisamment large que s'effectue l'entrée du lait et la sortie des produits.

Le centrifuge étant en rotation, le lait est introduit par un tube quelconque dont on règle le débit avec un robinet, dans une coupe conique placée près du centre. On le fait couler à peu près tangentiellement

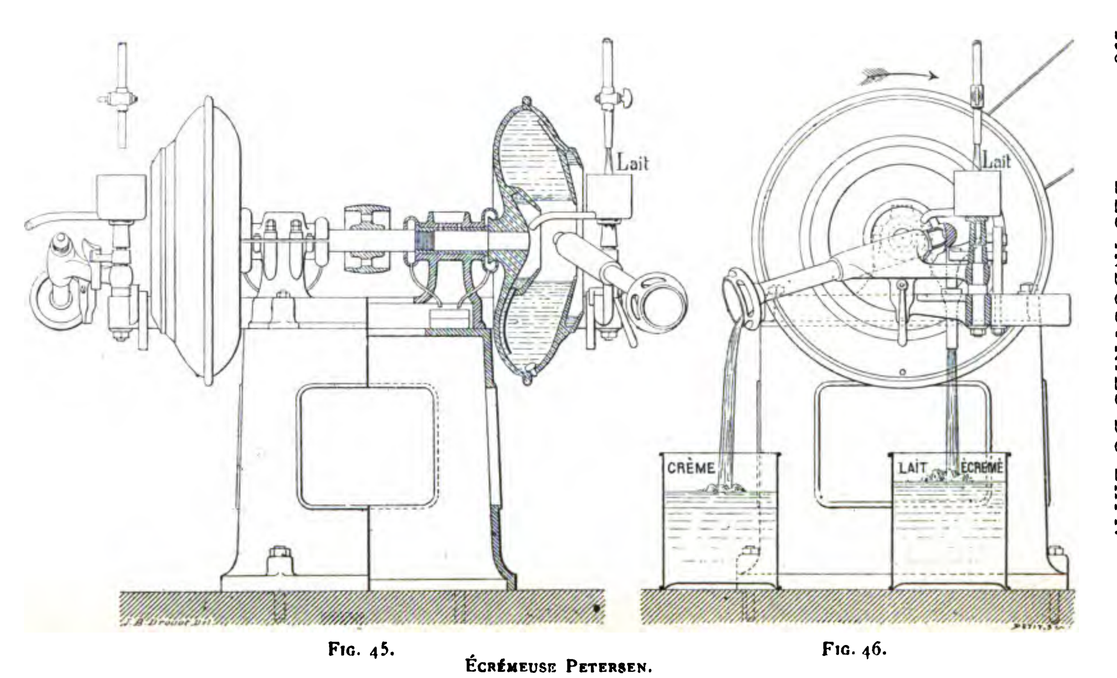


Fig. 45. Fig. 46.

Écrémeuse Petersen.

pour éviter les éclaboussures. Il se porte immédiatement à la circonférence; la crème plus légère tend à se rapprocher de l'axe; elle vient former à la surface cylindrique du lait une couche plus ou moins épaisse que l'on peut enlever et recueillir au moyen de cuillers ou de tubes à lèvres coupantes.

Quant au lait écrémé, il s'écoule par un tube étroit dans un compartiment ménagé dans le tambour externe, auprès de l'orifice circulaire d'accès; il vient y former une couche cylindrique qui s'extrait de l'appareil comme la crème.

Les deux tubes correspondant à la crème et au lait maigre peuvent être réglés à volonté, ce qui permet d'obtenir de la crème d'une concentration déterminée, suivant les besoins. Le travail est, d'autre part, facile à surveiller et à contrôler car, en regardant latéralement, on aperçoit la couche jaunâtre de crème et, à côté, dans le compartiment latéral, la surface bleuâtre du lait maigre. Rien qu'à l'inspection, la différence de ces couleurs permet de juger l'allure plus ou moins satisfaisante du centrifuge et l'on peut, avec un ou deux tours de vis, corriger immédiatement quelque marche irrégulière ou modifier le rapport des produits extraits.

Comme construction, au point de vue mécanique, l'appareil est bien combiné.

L'arbre horizontal, reposant sur deux paliers, porte les tambours en porte à faux à ses extrémités, et la poulie motrice est placée au milieu du système ainsi parfaitement équilibré.

L'accès pour le travail, la visite et le graissage des différentes pièces sont faciles et la production considérable; suivant les trois grandeurs construites qui correspondent à des contenances de tambour de 50, 100 et 200 litres, la quantité de lait écrémé varie de 300 à 1000 litres par heure.

L'écrémeuse Petersen n'est plus dans le commerce à l'heure actuelle, les types modernes la dépassent de beaucoup à tous les points de vue, car une machine à axe vertical est pour ces usages bien mieux appropriée à cause de la symétrie des efforts.

Dans l'écrémeuse de Petersen, le travail ne se fait pas de la même façon dans les deux portions du tambour.

La pesanteur agit dans le sens de la force centrifuge et s'ajoute à elle lorsque le lait franchit la partie inférieure de son parcours; elle est au contraire soustractive dans le parcours supérieur. Il résulte de cette dissymétrie une certaine irrégularité qui peut être préjudiciable au travail. En outre, ce centrifuge fonctionnant sans enveloppe aux grandes vitesses de rotation inspirait toujours une certaine frayeur. Sont-ce ces défauts qui l'ont fait abandonner? nous ne saurions le dire au juste. Peut-être certaines raisons financières sont-elles intervenues; il est certain que ce centrifuge fonctionnait d'une façon en somme assez satisfaisante.

Le modèle de Burmeister et Wain présente précisément les mêmes avantages que le précédent sans offrir les inconvénients que nous avons signalés. La disposition est la même en principe.

Écrémeuse Balance. — Cette écrémeuse, d'invention allemande, consiste en un bol reposant simplement sur une rotule qui termine l'axe mis en mouvement. Le bol porte une cavité hémisphérique qui s'appuie sur la sphère; le centre de gravité est très sensiblement plus bas que le point de sustentation, de sorte que l'équilibre est bien stable. Les deux surfaces en contact constituent toute la connexion des deux solides, et l'entraînement se fait seulement par la friction, ainsi que cela s'opère du reste dans l'écrémeuse de Laval. Cette indépendance du bol présente un sérieux avan-

tage : l'axe de rotation se crée lui-même pendant le mouvement, l'écrémeuse, d'abord un peu vacillante, finit par

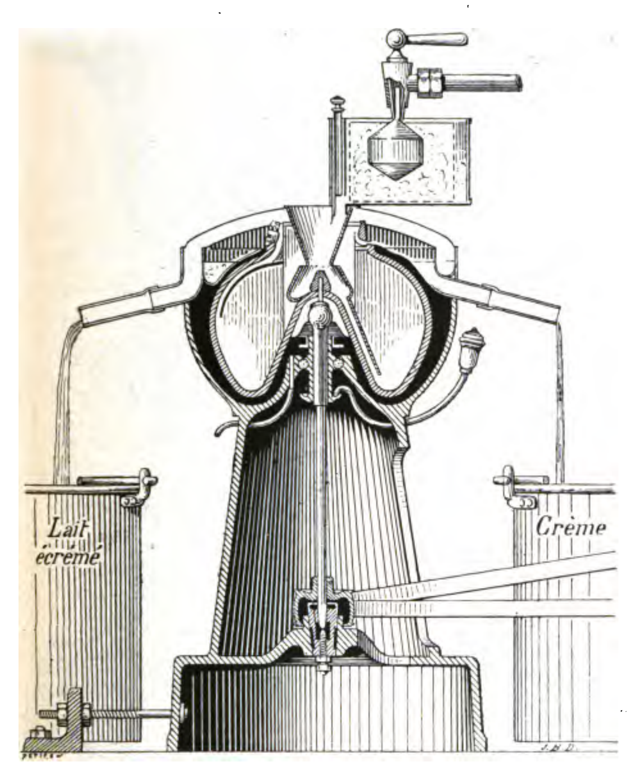


Fig. 47. — Écrémeuse balance ; disposition générale.

se fixer et s'endormir, suivant la pittoresque expression consacrée ; elle est alors silencieuse et tourne avec une régularité parfaite. L'appareil ainsi libre n'a besoin d'aucune fondation, mais cette indépendance de la turbine n'est peut-être pas sans offrir quelques dangers

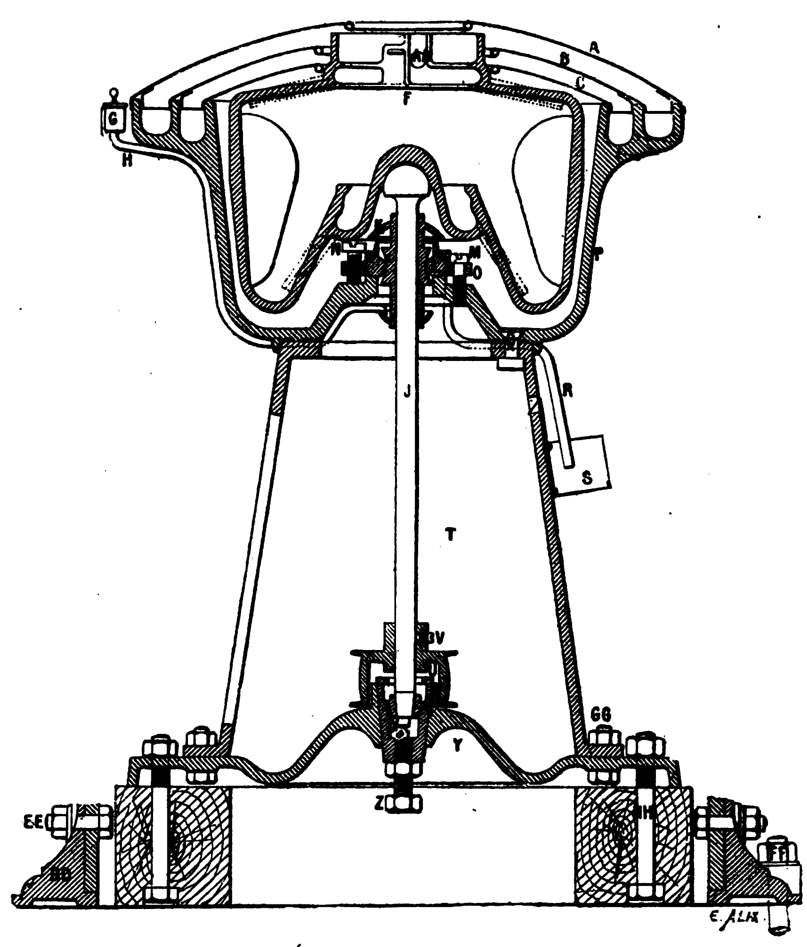


FIG. 48. — ÉCRÉMEUSE BALANCE, DERNIER MODÈLE

qu'heureusement on peut éviter sans peine lorsqu'ils ont été prévus.

S'il arrivait qu'un corps quelconque tombât sur le bol

en mouvement, l'axe de rotation changerait immédiatement; et si, dans ce cas, l'écrémeuse rencontrait un obstacle quelconque, elle aurait grande tendance à s'échapper; or. un solide animé de vitesses aussi considérables peut occasionner des accidents très graves si une explosion se produit.

Mais d'autre part, cette disposition présentant l'énorme avantage de dispenser presque de toutes fondations, l'écrémeuse peut être montée partout, déplacée sans aucune peine; elle est toujours d'aplomb par elle-même, et cette propriété, due à l'indépendance de l'axe, peut être précieuse en certain cas. En poussant les choses à l'extrême, pour faire image, on pourrait dire qu'il serait à la rigueur possible de faire fonctionner une écrémeuse *balance* à bord d'un navire sur mer, alors qu'il ne serait en aucune façon raisonnable de songer à y établir des appareils des systèmes que nous avons décrits.

Ce centrifuge a été adopté dans plusieurs laiteries de France, et les résultats ont été à ce qu'il paraît des plus satisfaisants. La disposition adoptée pour la sortie de la crème et du lait rappelle beaucoup les inventions de Lefeldt. Nous donnons ci-contre deux coupes de ce centrifuge, fig. 47 et 48.

Écrémeuses à bras. — Les appareils dont nous avons parlé jusqu'à présent sont actionnés soit par des moteurs à vapeur, soit par des chevaux, et donnent des débits correspondant au minimum à 250 ou 300 litres de lait écrémé à l'heure. Pour les petites installations, la dépense de semblables machines est trop considérable, et d'autre part la quantité de lait écrémé dépasse les besoins.

On a cherché à construire des appareils de plus petites dimensions et mus à bras. Les solutions de ce problème sont bonnes au point de vue mécanique, mais nous

doutons qu'elles soient aussi satisfaisantes en ce qui concerne la pratique économique. Ces écrémeuses sont destinées à des exploitations travaillant de 50 à 300 litres de lait par jour ; or, ces centrifuges coûtent cher, et pour

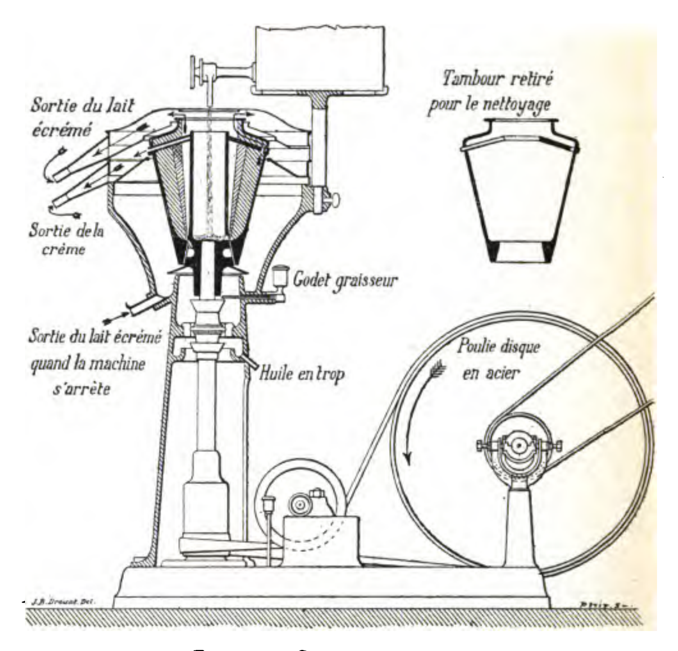


Fig. 49. — Centrifuge Victoria

de faibles quantités de lait en expérience il est presque toujours préférable de revenir à l'écrémage spontané. En Irlande, on a essayé d'appliquer ces écrémeuses à bras à la récolte de la crème dans les fermes. La machine est alors promenée d'étable en étable, et le receveur qui fait lui-même mouvoir son centrifuge rapporte à l'usine centrale de la crème et non du lait : ce qui évite

le transport inutile du lait écrémé, en laissant le produit azoté sur le terrain même où il a été créé.

Cette application ingénieuse a-t-elle réussi, c'est ce que nous ne saurions dire; la récolte de toutes les crèmes nous semble bien lente.

Dans quelques pays de montagnes, dans les Alpes, les Pyrénées, on se sert maintenant des écrémeuses à bras pour aller récolter la crème dans les pâturages : les frais de transport sont de ce chef notablement diminués et les beurres de meilleure qualité.

Quoi qu'il en soit, en négligeant ce côté pratique, les écrémeuses à bras offrent un tel intérêt que nous allons passer en revue les types principaux du commerce. Ils sont plus nombreux que ceux des écrémeuses à moteur, mais, sans aucun doute, plusieurs d'entr'eux ne sont destinés qu'à une existence éphémère; les constructeurs de ces petits appareils ont été quelquefois moins instruits, moins mécaniciens que les ingénieurs qui se sont occupés des types d'industrie, et quelques-unes des écrémeuses à bras étaient si mal disposées que les modèles ont du être abandonnés.

Nous allons décrire les principaux types que la pratique a conservés, ceux qui sont regardés comme les meilleurs.

Écrémeuses à bras de Laval. — Il existe deux modèles différents de ces centrifuges.

L'un est à axe horizontal, l'autre à axe vertical.

De ce dernier nous avons peu de chose à dire; la commande du bol se fait par l'intermédiaire d'un système d'engrenages et de pignons, et la disposition du tambour rappelle de très près celle du tambour de l'écrémeuse à moteur. Le réglage comme toujours dans les appareils de Laval est fait une fois pour toutes et l'on ne peut le modifier que sur l'appareil au repos.

L'appareil à axe horizontal ne présente de disposition particulière que dans la commande, qui se fait par friction : le mouvement est donné par manivelle et engrenages à deux grandes roues symétriques, les jantes lisses appuient sur le contour de deux autres petites

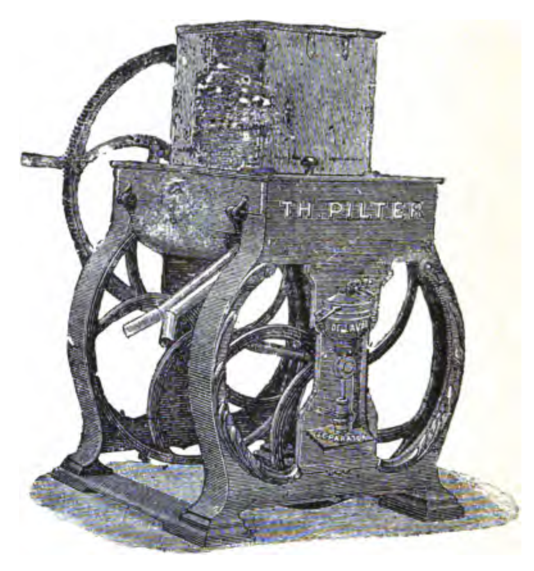


FIG. 50. — VUE DE L'ÉCRÉMEUSE A BRAS, SYSTÈME DE LAVAL; ÉCHELLE $\frac{1}{20}$.

roues pignons placées aux deux extrémités de l'axe de l'écrémeuse. Il importe de conserver les surfaces de contact parfaitement sèches pour que l'entraînement puisse se faire, fig. 50.

Écrémeuse à bras de Burmeister et Wain, système Jonsson, fig. 52. — Cette écrémeuse est à axe vertical ; elle se compose d'un bol cylindrique dans lequel sont fixés deux tuyaux suivant les parois et aboutissant

au sommet; c'est par des ouvertures correspondant à leurs extrémités que sort le lait écrémé; la crème sort par des ouvertures centrales et elle est seulement évacuée lorsque l'écrémeuse est remplie et que le débit continue.

Les deux ouvertures de la crème sont libres et de diamètre constant; elles sont ménagées à la partie supérieure rétrécie du bol de l'écrémeuse. Dans l'axe du bol se trouve un gros tube qui était mobile dans les anciens

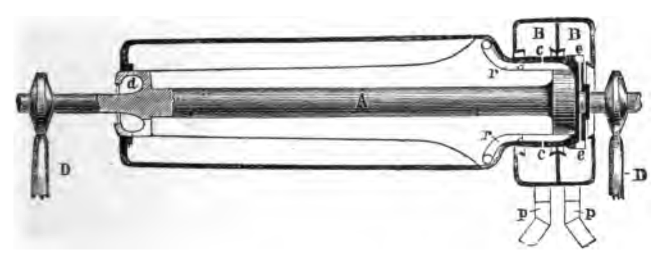


FIG. 51. — COUPE DE L'ÉCRÉMEUSE HORIZONTALE DE LAVAL

modèles et qui maintenant est fixé d'une façon définitive.

La première disposition permettait un réglage de la crème et du lait écrémé exactement analogue à celui des grands modèles à moteur; le gros tube intérieur que nous appellerons le tube à crème se centrait à la partie inférieure du bol par l'intermédiaire d'une pointe ou d'une portée, et il tendait constamment à se relever sous l'action d'un ressort antagoniste qu'il comprimait plus ou moins sur le fond de l'écrémeuse.

Ce tube, dans les modèles récents, est emmanché à vis dans un écrou porté par le bâti, et on peut le fixer dans une position voulue au moyen d'un petit cliquet à ressort.

En haut, ce même tuyau à crème porte un collet armé en dessous de deux petites tiges cylindriques dont la

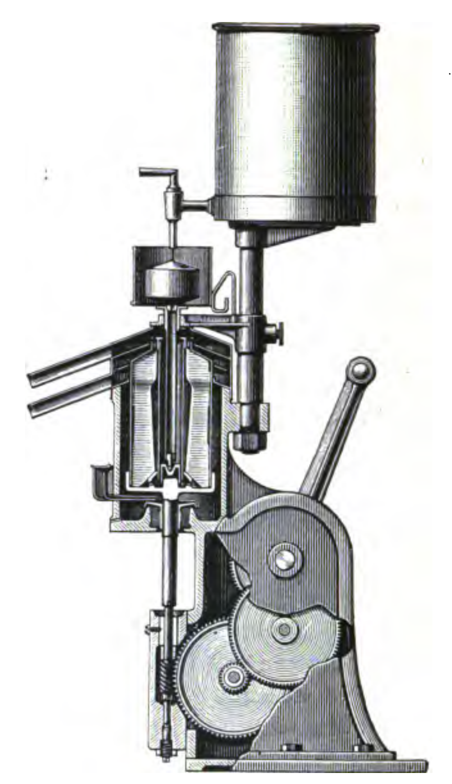


Fig. 52. — Système Jonsson.

partie inférieure est taillée en biseau par une section oblique très allongée. Ces deux tiges, diamétralement opposées, pénètrent plus ou moins dans des ouvertures correspondantes fixées sur le collet du bol : ce sont les ouvertures d'écoulement du lait écrémé.

Dès lors, la manœuvre est facile à comprendre : le rapport des quantités de crème et de lait écrémé débités varie avec la position du tube central, et la manœuvre

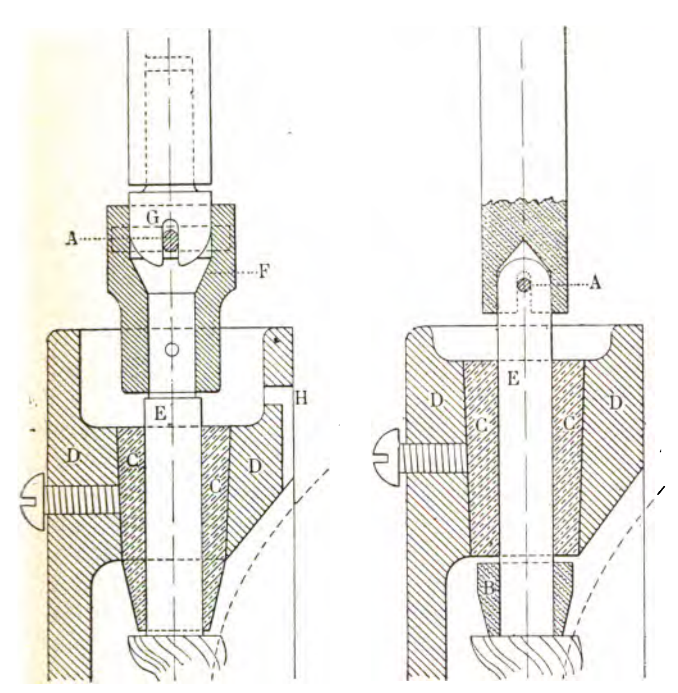


Fig. 53 et 54. — Anciens et nouveaux pivots de l'écrémeuse Jonsson.

de l'écrémeuse au départ est calquée sur celle du grand appareil. Au commencement de l'opération, on enfonce jusqu'à refus le tube du milieu, les orifices du lait écrémé sont presque obstrués, et toute la sortie des liquides se fait par les trous à crème. Peu à peu, on dévisse le vase d'alimentation : l'écoulement du lait écrémé va

en augmentant, la sortie de la crème diminue et l'on continue à relever le tuyau central jusqu'à ce que l'équilibre voulu soit établi, c'est-à-dire que l'on obtienne la proportion déterminée de crème pour cent de lait passé. Ce réglage s'obtient sans peine après quelques opérations, mais cependant, comme il peut offrir des difficultés pour des gens inexpérimentés, les constructeurs ont créé d'autres modèles dans lesquels cette facilité de réglage n'existe plus.

Maintenant on construit des écrémeuses non ajustables, et la nouvelle construction rappelle alors beaucoup celle des écrémeuses de Laval, en participant des avantages de cet excellent appareil.

Quelques perfectionnements de détails ont été récemment apportés à l'emmanchement de l'arbre de l'écrémeuse dans la douille de l'arbre qui est mis en rotation directe.

Avec l'ancienne disposition, il arrivait qu'à la longue, la goupille ronde de l'axe héliçoïdal creusait une excavation dans les côtés de l'entaille de l'arbre du cylindre; ce qui avait pour résultat de faire que les deux arbres (celui du cylindre et celui de l'hélice) ne travaillaient plus exactement dans la même ligne perpendiculaire et qu'il se produisait par suite une friction dans le collet ou douille, d'où résultait une marche lourde et inégale.

Les croquis ci-contre indiquent les détails des nouveaux perfectionnements, fig. 53 et 54.

L'arbre du cylindre est muni d'un pivot G, dont la tête ronde repose dans la douille de la crapaudine, placée sur l'arbre à hélice. Cette douille porte une goupille A, serrée dans la griffe du pivot.

De cette manière le cylindre se trouve bien maintenu par la partie inférieure de son arbre (la fusée n'est plus seule à le guider), et il a par suite la faculté de bien

s'équilibrer lui-même, grâce à la rondelle en caoutchouc qui maintient la fusée.

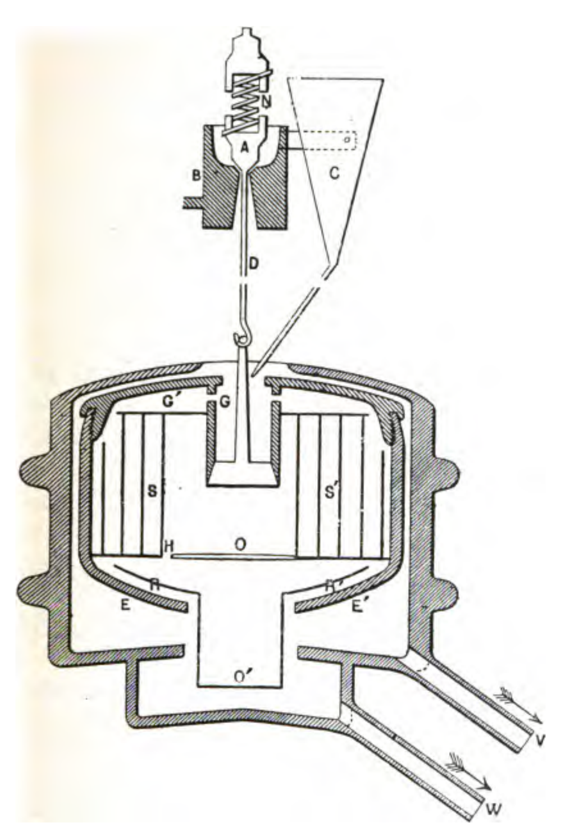


Fig. 55. — Écrémeuse Mélotte.

Écrémeuse à bras de M. Mélotte à Rémicourt, fig. 55. — Dans l'écrémeuse Mélotte, la turbine en acier G E E' est suspendue à une tige D qui reçoit

le mouvement de rotation, par l'intermédiaire d'un ressort à boudin en laiton N, d'un système d'engrenages et d'une manivelle. L'axe de suspension se termine par un renflement arrondi A, reposant dans la crapaudine B en forme de coupe.

C'est donc à la surface de contact A et B que se produit le frottement, lequel dépend du poids de la turbine et de sa charge de lait.

Un défaut d'équilibre de la turbine, qui augmente tant l'intensité du frottement dans les séparateurs à axe horizontal ou à axe vertical en dessous, est ici sans influence. Si, dans l'appareil Mélotte, la turbine était mal équilibrée, la tige D, pendant la rotation, s'écarterait de la verticale et décrirait une surface conique. Mais, par le dispositif adopté, le frottement n'en est absolument pas affecté. Il est visible que le frottement se produit toujours à la surface suivant laquelle A touche la coupe B, et qu'il n'est dû qu'à la charge qui pèse sur cette surface.

A l'intérieur des premiers modèles de cette turbine était placée une spirale en fer-blanc.

La figure 55 montre une section de cette spirale par un plan vertical.

Le lait descendant de l'entonnoir C pénètre dans le compartiment G'. De là, il gagne la spire extérieure en suivant la direction de la flèche.

Sous la poussée du liquide, qui afflue constamment dans l'appareil, le lait, engagé dans la première spire, s'avance dans les spires successives et atteint enfin le compartiment central H. O.

Pendant ce parcours, le lait subit l'action de la force centrifuge. Il se sépare en deux couches, d'après l'ordre des densités : le lait écrémé formant l'extérieur de l'anneau liquide, suit la paroi concave de la spirale;

la crème suit la paroi convexe, plus rapprochée de l'axe de rotation.

Le lait écrémé et la crème, formant deux anneaux concentriques juxtaposés, arrivent donc dans le compartiment central.

Le fond de la spirale est troué en O. La crème, en raison de sa faible densité, formant l'anneau intérieur rapproché de l'axe, tombe par l'ouverture O dans le faux-fond O'; de là, elle gagne le tuyau de sortie W. Le lait écrémé, formant l'anneau extérieur, se presse contre la paroi concave du compartiment central.

Au pied de cette paroi sont pratiquées des ouvertures H par lesquelles le lait écrémé sort et est lancé dans les intervalles R R' existant entre le faux-fond et le fond E E' de la turbine.

Comme le montre la fig., le lait écrémé tombe dans le compartiment supérieur de l'enveloppe de la turbine, puis s'écoule par le tube V.

L'adjonction de cette spirale était utile, mais elle compliquait trop l'appareil et elle est supprimée dans les turbines récentes.

Le faux-fond qui est en fer-blanc présente à sa face convexe inférieure quatre côtés par lesquels il repose sur le fond E E' : ainsi naissent les intervalles R R' pour la sortie du lait écrémé.

La tige de suspension D est guidée par quatre ficelles croisées placées un peu au-dessus du crochet auquel est suspendue la turbine.

Le distributeur du lait qui alimente l'entonnoir C est ingénieux et fonctionne avec régularité. Il permet, de la manière la plus simple, en pleine marche du centrifuge, de faire varier la quantité de lait et par suite d'obtenir une crème plus ou moins dense.

Lorsqu'on actionne la manivelle de l'appareil Mélotte,

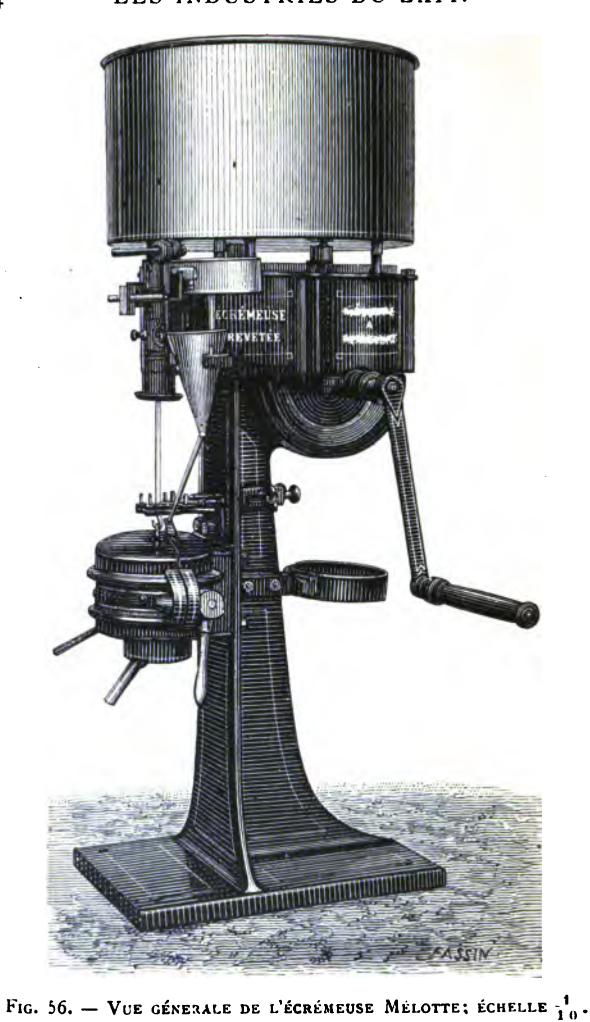


Fig. 56. — Vue générale de l'écrémeuse Mélotte; échelle $\frac{1}{10}$.

à raison de 40 tours à la minute, la turbine fait 6,344 tours.

Cela résulte de la considération des dimensions et du nombre de dents des engrenages et pignons.

	Diamètre.	Dents.
	—	—
1° Engrenage fixé sur l'arbre de la manivelle...........................	0.220	36
Son pignon......................	0.067	11
2° Engrenage droit................	0.250	90
Son pignon.....................	00.50	18
3° Engrenage droit................	0.250	150
Son pignon.....................	0.025	13

Ce dernier pignon est fixé sur l'axe de la turbine.

M. Chevron, professeur à l'école de Gembloux, a eu récemment l'occasion d'expérimenter l'écrémeuse Mélotte.

Il a trouvé que cette écrémeuse n'a laissé dans le lait écrémé que 0,175 p. % en moyenne de beurre, et a fait passer dans la crème les 94 à 96 pour % de beurre contenu dans le lait mis en œuvre.

Écrémeuse centrifuge à bras dite Alfa. — La centrifuge « Alfa » se fait remarquer surtout par son système particulier de tambour.

Le but du constructeur a été de remédier à un défaut des écrémeuses ordinaires, défaut peu grave, peut-être, mais qui doit se traduire en somme par une perte de temps et de force.

Lorsque l'on introduit du lait complet dans une écrémeuse en marche, le liquide se répand au milieu de la masse et rencontre certainement dans son ascension verticale des molécules de crème en train de se séparer de leur sérum; il résulte de ces chocs des déviations de direction, d'où une gêne dans l'écrémage et un ralentissement dans la séparation.

L'inventeur de l'écrémeuse Alfa a eu l'idée d'empêcher ces mouvements en polarisant les chemins parcou-

rus ou autrement dit en isolant les couches qui sont en train de s'écrémer.

Si nous supposons une tranche de liquide d'épaisseur très petite, et que l'on communique à ce disque de lait une vitesse convenable de rotation, les molécules vont suivre le chemin horizontal qui leur est ménagé et il n'y aura plus aucun choc ni aucun retard dans le travail.

En pratique, l'expérience prouve que le chemin parcouru par une molécule de crème est légèrement relevé dans le sens vertical.

En considérant le mouvement dans un appareil en rotation, on conçoit que l'ensemble des molécules décrit une série de cônes parallèles ayant tous même axe et à angle d'autant plus ouvert ou aplati que la vitesse de rotation est elle-même plus grande.

L'écrémeuse Alfa présente, en son ensemble, l'aspect d'une écrémeuse de Laval (voir la figure 57); la commande est la même, par câble de cuir ou de coton ou par systèmes d'engrenages pour l'écrémeuse à bras les sorties de crème et de lait s'effectuent d'une façon analogue; c'est l'intérieur seul du bol qui diffère; le tambour ici est cylindrique et dans son intérieur on empile les unes au-dessus des autres une suite d'assiettes en fer-blanc dont la large ouverture est en bas et dont le fond est enlevé, la petite ouverture est tournée vers le haut.

On se représentera leur ensemble en imaginant une pile d'assiettes à soupe posées le fond en haut et empilées les unes au-dessus des autres.

Ces assiettes de fer-blanc sont tronconiques, l'angle au centre est de 130°, elles laissent entre elles un très petit espace de 2 ou 3 millimètres au plus et on en met ainsi cinquante-cinq les unes au-dessus des autres, celle d'en bas s'appuie sur la portée conique du tambour

[redacted]

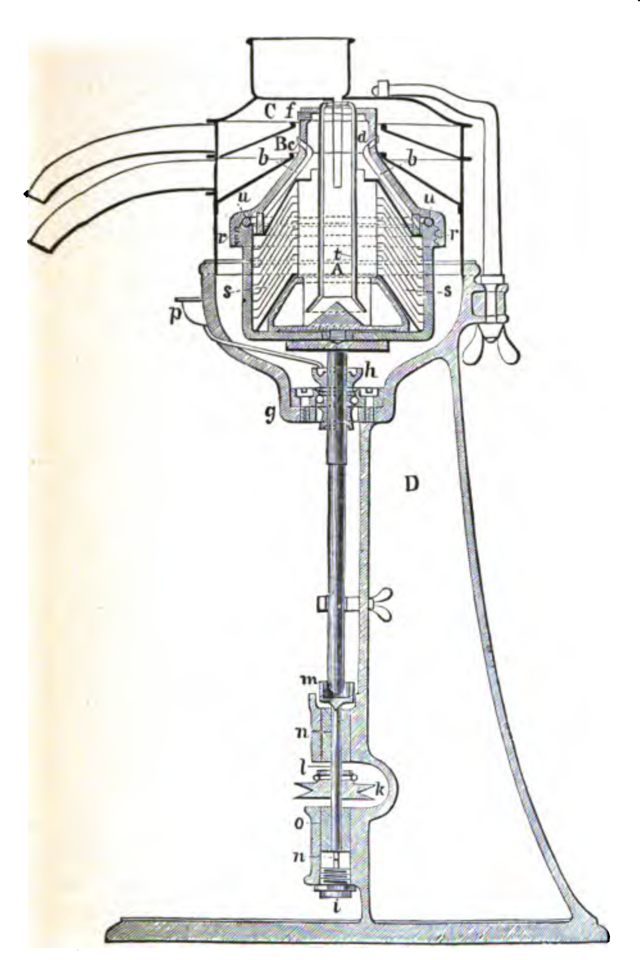


FIG. 57. — ÉCRÉMEUSE ALFA, COUPE VERTICALE.

A. La cinquante-sixième assiette est plus solide que les autres, elle clôt la série et elle est appliquée fortement

contre la pile des cônes par une enveloppe solide que l'on visse sur le tout; c'est cette dernière portion qui constitue le couvercle *r*.

Un toron en caoutchouc *u u* sert à assurer l'étanchéité du joint.

On comprend, d'après les explications que nous avons données, le rôle et le fonctionnement de ces assiettes; le lait introduit en *t* va se loger à la périphérie et se répand ensuite dans les intervalles de deux assiettes consécutives, mais dans cet étroit passage les molécules sont orientées et les globules butyreux qui se séparent cheminent librement dans leur direction naturelle sans être aucunement dérangés dans leur mouvement.

Le démontage de l'appareil est facile et rapide, car on enlève d'un seul coup les cinquante-six assiettes en passant la main par l'ouverture; on les remet en place, après le nettoyage, en les superposant dans l'ordre indiqué par leur numéro.

Cette écrémeuse fournit d'excellents résultats. Nous ne pensons pas qu'elle donne des rendements en beurre supérieurs à ceux des autres appareils, mais il est très vraisemblable d'admettre que le rendement mécanique est meilleur.

Appareils pour contrôler la vitesse. — Le contrôle de la vitesse étant d'une importance capitale dans l'emploi des écrémeuses, les constructeurs ont imaginé différentes dispositions pour permettre d'apprécier soit les vitesses soit les nombres de tours du bol qui reçoit le lait.

Un constructeur d'une nouvelle écrémeuse centrifuge, M. Chaussadent, a disposé sur l'arbre vertical de la machine une roue d'engrenage communiquant avec une vis sans fin. Cette vis accomplit sa révolution en un temps proportionnel à celui de la rotation de l'arbre,

elle porte, fixée à son axe, un mouvement d'horlogerie, avec une seule aiguille, qui s'arrête seulement quatre fois dans la circonférence et accomplit son mouvement en deux secondes environ. Sollicitée par la rotation de l'écrémeuse, la pendule tourne d'un mouvement assez lent, relativement, mais en sens inverse du mouvement des aiguilles. Celui-ci paraît retardé, car le cadran tourne. Si la vitesse augmente, l'aiguille en arrive à paraître immobile; la vitesse s'accroît-elle encore, l'aiguille semble rétrograder.

On conçoit qu'il est très facile au premier ouvrier venu de régler la vitesse de son appareil : pas assez vite, l'aiguille, animée d'une vitesse angulaire réglée en conséquence, chemine dans le sens des aiguilles d'une montre; trop vite, elle semble rétrograder, et l'ouvrier doit simplement s'appliquer à la maintenir immobile. Cet état d'équilibre correspond à un nombre de tours connu d'avance et convenant au travail que doit accomplir la machine.

Compteur de tours. — Lorsque l'on veut connaître plus exactement le nombre de tours accompli en une minute par la turbine, on se sert soit des compteurs de tours à main, soit mieux de compteurs spéciaux.

La disposition est assez simple : une vis sans fin est calée fixe sur l'arbre tournant; elle engrène avec une roue d'engrenage dont les dents sont inclinées et séparées par un pas égal à celui de la vis.

Lorsque la vis fait un tour, la roue avance d'une dent, et par conséquent on réduit suffisamment la rapidité du mouvement de rotation pour que le nombre de tours puisse être compté par les appareils usuels. Si la roue a 100 dents, elle fait un tour pendant que l'arbre en fait cent, elle enregistre par conséquent les centaines de tours ; en la munissant d'un pignon qui com-

mande une roue dix fois plus grande, on compte les milliers de tours.

Dans l'écrémeuse Burmeister et Wain, le compte-tours porte un cadran et deux aiguilles pour les milliers et les centaines : dans l'écrémeuse de Laval on a adopté une disposition plus simple quoique presque toujours suffisante :

La roue dentée porte en un de ses points un doigt fixe qui à chaque rotation vient buter contre un levier tenu par un ressort. A chaque rotation le levier est donc dérangé de sa position d'équilibre, puis brusquement ramené par le ressort quand le doigt a dépassé la position correspondante.

On utilise ce mouvement pour faire résonner un timbre qui se fait entendre par exemple chaque fois que l'axe a accompli cent révolutions.

Dans l'atelier, en suivant sur une montre le temps de dix, vingt coups de timbre ou plus, on se rend compte du nombre de révolutions par minute. De loin, on peut surveiller la marche de l'écrémeuse et donner les ordres en conséquence.

Un contrôleur de vitesse assez ingénieux vient d'être récemment adapté aux écrémeuses à bras du type Burmeister et Wain.

L'appareil consiste en un ressort circulaire portant deux petites masses additionnelles aux extrémités d'un même diamètre.

Une des extrémités du diamètre perpendiculaire porte une vis qui s'emmanche dans le centre de l'arbre du dernier engrenage, et à l'autre bout se trouve une pointe maintenue légèrement par un ressort antagoniste. D'après cette construction, on comprend que si l'arbre est animé d'un mouvement de rotation, le ressort circulaire s'aplatit sous l'influence de la force centri-

fuge et que le ressort antagoniste suit ce mouvement. Ce dernier ressort se comprime donc ou s'allonge plus ou moins, suivant la rapidité de la rotation; et s'il est invariablement lié à une aiguille mobile sur un cadran, on pourra, d'après les positions de l'aiguille indicatrice, connaître la vitesse correspondante. Dans la pratique usuelle, il est inutile de connaître la valeur exacte de cette vitesse : tout ce qu'il est intéressant de savoir, c'est si le nombre de tours effectué est bien celui qui convient à l'écrémage parfait; c'est en un mot d'être a même d'apprécier si l'on ne va pas trop vite ou trop lentement. Le cadran porte alors une marque principale nettement tracée, et c'est à ce point que l'ouvrier doit s'efforcer de maintenir l'aiguille en rectifiant le mouvement qu'il imprime à la manivelle; tout en tournant, il suit des yeux les légères oscillations de l'aiguille indicatrice et accélère ou ralentit à volonté.

On joint quelquefois à ce contrôleur, un métronome de piano réglé à un nombre d'oscillations égal au nombre de tours à faire; l'ouvrier, en suivant la mesure, imprime à la manivelle une rotation des plus régulières.

Comparaison des centrifuges. — Il n'est pas rare d'entendre poser cette question : Quelle est la meilleure écrémeuse centrifuge? Il est difficile d'y répondre par une désignation spéciale d'un appareil déterminé.

Il est d'abord évident que la séparation se fait aussi bien dans un appareil que dans un autre à égalité de valeur de la force centrifuge, toutes choses égales d'ailleurs. Dans les nombreuses expériences faites relativement à la crème qui reste dans le lait écrémé, on a trouvé dans ce liquide des teneurs en matière grasse variant de 0,05 à 0,30 pour cent, et ce sont tantôt les unes, tantôt les autres des écrémeuses qui tiennent la tête avec le minimum.

Les centrifuges à faible rayon doivent tourner plus vite, mais cette rapidité de rotation n'a, comme nous l'avons dit, aucun inconvénient ni aucun danger. Cette considération étant mise de côté, on peut étudier les écrémeuses au point de vue de leur construction, de leur facilité de nettoyage ou d'installation et enfin de l'emplacement qu'elles nécessitent et de leur prix.

En ce qui concerne les fondations, le bâti à établir devra être d'autant plus résistant que l'écrémeuse sera plus lourde et plus étroitement reliée à l'axe. Une écrémeuse invariablement reliée à l'axe exige dans la construction plus de soins et de solidité qu'une turbine dont un seul point est fixe et dont l'axe de rotation s'établit lui-même dans le mouvement : une écrémeuse à axe relié sera toujours plus coûteuse à cause des frais d'équilibrage préalable. Il serait tout à fait imprudent d'accepter une écrémeuse à axe rigide construite par des mécaniciens d'ordre secondaire, peu instruits ou ne recherchant que le bon marché, tandis que des dangers sont peu à redouter dans l'emploi des écrémeuses à axe libre. Pour les appareils à bras, cette considération du bon marché est réellement importante, parce que ce sont de petites installations et de petites bourses qui sont en cause; lorsqu'il s'agit d'une laiterie industrielle, il est sans grande importance de dépenser quelques centaines de francs de plus pour les premiers frais, et nous serions disposé à conseiller de choisir les turbines à axe rigide dont quelques types du commerce sont véritablement des chefs-d'œuvre de belle mécanique.

Les questions de facilité de nettoyage et de conduite ne doivent intervenir également que dans les petites laiteries où l'on est contraint de confier le maniement des appareils à des femmes ou à des ouvriers peu ins-

truits; il est évident que, dans ce cas, l'appareil le plus simple sera le meilleur. Dans une grande usine, la conduite des écrémeuses sera toujours remise entre les mains de mécaniciens spéciaux qui sauront aussi bien diriger les unes ou les autres de ces écrémeuses centrifuges.

Dans de grandes laiteries, on est toujours libre de prendre le temps nécessaire pour le nettoyage, et les pièces même délicates sont entretenues avec une telle sollicitude par les ouvriers bien stylés à ces soins, que l'on peut, sans hésitation, préférer les appareils bien établis, quitte à passer sur une complication un peu plus grande des pièces qui les composent.

La question de réglage du rapport du lait et de la crème est diversement envisagée et jugée.

Dans une petite exploitation, tout doit être sacrifié à la simplicité; d'ailleurs, le travail de la veille est semblable à celui du lendemain, quelques centièmes de rendement en plus ou en moins sont chose de peu d'importance lorsqu'il s'agit de faibles quantités de lait à traiter, et il nous paraît dans ce cas préférable d'adopter un centrifuge dont le réglage est établi une fois pour toutes.

Mais dans une usine on peut trouver grand avantage à opérer ce réglage à volonté, ainsi qu'on le fait dans l'écrémeuse de Burmeister et Wain ou dans celle de Petersen, parce que les laits ne se traitent pas tous les jours de la même façon et que l'on peut réaliser des bénéfices au point de vue du rendement en travaillant des crèmes plus ou moins compactes, suivant les circonstances.

En grande industrie, des rendements un peu plus ou un peu moins forts agissent sur le gain ou sur la perte de l'usine, parce que l'on opère sur des quantités considérables de lait.

Dans une laiterie importante, où ce sont des ouvriers spéciaux qui conduisent les écrémeuses, les hommes acquièrent vite une grande habileté dans leur réglage, et le régime normal est trouvé et établi en moins d'une minute.

Cet avantage de pouvoir régler les proportions des extraits est également intéressant lorsque l'on emploie la turbine à d'autres usages qu'à l'écrémage du lait, par exemple à la préparation des émulsions.

Tous les centrifuges donnent une crème plus ou moins mousseuse (1), à l'exception du centrifuge de Fesca dans lequel la crème est renfermée et ne sort que lorsque la turbine est arrêtée pour son extraction; cette écrémeuse dont l'action est intermittente ne nous paraît pas à recommander.

Les quantités d'air introduites ainsi dans les crèmes entraînent avec elles des germes organiques et les expériences prouvent que les crèmes les plus aérées donnent en général lieu à un aigrissement plus rapide. Sous ce rapport, les crèmes du Burmeister sont incontestablement les plus aérées (2).

Est-ce là un inconvénient même léger, nous ne le croyons pas, et il nous paraît tout à fait superflu d'essayer de retirer cet air par une machine pneumatique ainsi que la proposition en a été faite. Si la crème mûrit plus vite, on la traite plus tôt, voilà tout; et, d'ailleurs,

(1) Nous avons trouvé, par une expérience directe, que dans le lait écrémé sortant d'un Burmeister, il y avait 33 % d'air, la crème n'en contenait que 20 %. Cette proportion est quelquefois bien plus considérable. Un litre de lait retiré de certaines turbines en marche normale se réduit, au bout de quelques minutes, à 400 ou même 350 centimètres cubes.

(2) La quantité d'air qui passe par les tubes est assez considérable, nous avons mesuré sa pression, elle est comprise entre 5 et 6 centimètres d'eau pour une écrémeuse B. en pleine marche; cette pression correspond à une vitesse de 30 mètres environ, soit à peu près 3 litres par seconde et par tube et un kilogrammètre en force.

on est maître de retarder cet aigrissement à volonté, en conservant les crèmes à basse température; si les ensemencements avec le microbe de Storch donnent les bons résultats que ce savant a annoncés, il importera peu que la crème ait été plus ou moins aérée.

D'aucuns prétendent qu'une crème trop mousseuse ou trop aérée donne des beurres moins fins et que là serait la cause de la prétendue infériorité des beurres centrifuges comparés aux beurres préparés avec des crèmes d'écrémage spontané.

Rien ne nous paraît moins fondé que cette assertion : nous n'avons jamais pu obtenir de preuves certaines d'une infériorité quelconque du beurre Burmeister relativement à celui des autres écrémeuses; et quant à l'infériorité proclamée des beurres de centrifuge sur les beurres spontanés, elle n'a été mise en avant que par des intéressés dans la chose.

Autrefois, dans notre pays, les intermédiaires achetaient bon marché et revendaient cher une marchandise assez rare en qualités supérieures; aujourd'hui la moyenne de la qualité des beurres s'est très sensiblement élevée, les prix ont baissé et les intermédiaires ont souffert de cette diminution.

Le beurre que l'on payait 5 à 6 fr. le kilog. peut être obtenu à l'heure actuelle à 3 fr. 50 ou 4 fr. au maximum et en même qualité.

Les intermédiaires ont prétendu que les centrifuges fatiguaient la crème, la détérioraient, et que les laiteries mécaniques devaient disparaître tôt ou tard. Mais le progrès a continué à se répandre et tous les marchands ont dû subir les exigences nouvelles d'un nouvel état de chose; les différences entre les beurres centrifuges et les autres sont si faibles que les plus adroits parmi les dégustateurs ne les aperçoivent pas. Les intéressés ont

recommandé aux fabricants renommés de ne pas changer leur manière de faire et de repousser toute ingérence des centrifuges; les fabricants ont peu à peu adopté en cachette ces appareils perfectionnés, parce qu'ils y trouvaient avantage, et leurs beurres ont conservé leur même marque et leur même renommée.

Or, les uns et les autres ont choisi l'appareil qui leur a semblé le meilleur, et nulle part nous n'avons entendu dire qu'un laitier ait été conduit à changer son centrifuge du constructeur A pour un autre du constructeur B, parce que ce dernier aurait été à même de fournir du beurre de qualité plus délicate.

Il nous semble donc bien démontré que les centrifuges donnent des crèmes de qualités très analogues et que ce ne serait peut-être que pour l'alimentation directe ou la fabrication des fromages suisses ou façon Gervais que le plus ou moins d'aération pourrait avoir quelque importance.

Les prix des écrémeuses sont peu différents les uns des autres, ils varient de 1 fr. 25 pour les plus grands modèles à 2 fr. ou un peu plus pour les petits, par litre de lait écrémé à l'heure. Au surplus, à notre avis, l'acheteur ne doit faire entrer qu'en seconde ligne cette considération du prix, le taux de l'intérêt et de l'amortissement par litre de lait travaillé étant tout à fait négligeable en comparaison des autres frais.

Ainsi, pour résumer notre comparaison, nous mettrons à peu près sur le même rang les centrifuges que nous avons décrits, et l'acheteur devra se décider d'après les considérations que nous avons fait valoir.

Veut-on une écrémeuse simple, facile à conduire et à démonter, le type de Laval occupe le premier rang; a-t-on besoin d'un gros appareil industriel à grand travail par heure avec faculté de réglage, le modèle Burmeister

et Wain sera évidemment celui qu'il conviendra d'adopter. Les autres écrémeuses sont moins connues en France; les types Lefeldt, Dan, Fesca, Balance centrifuge, ont chacun leurs avantages particuliers et répondent à certaines exigences spéciales.

Tous ces modèles travaillant le même lait donneraient à bien peu de chose près le même rendement de beurre.

Comparaison des centrifuges à bras. — Nous ne pouvons guère établir de différences tranchées et assigner des rangs plus ou moins favorables à des appareils extrêmement voisins les uns des autres; dans ces machines, que l'on doit mettre entre les mains de gens peu habiles ou insuffisamment instruits dans la mécanique, la question de simplicité prime presque toutes les autres, et nous ne sommes en aucune façon étonnés de la faveur dont jouit l'écrémeuse de Mélotte supérieure aux autres sous le rapport du travail et du prix correspondant, quoique certainement un peu moins élégante au point de vue de la construction.

Parmi les écrémeuses connues en France, les de Laval et Jönnson, le choix reste à la volonté de l'acheteur. Il ne nous paraissait pas très bon, pour des instruments à mettre entre des mains inhabiles, de conserver le réglage du rapport de la crème et du lait, fixé suivant la volonté de l'ouvrier. Cette disposition précieuse dans les grandes machines est sans utilité dans les petites, et elle offre des difficultés de réussite que ne surmontent pas toujours les apprentis laitiers.

Les constructeurs danois ont renoncé à cet ajustage, et leur centrifuge se rapproche alors beaucoup de l'appareil de Laval.

Entre les deux écrémeuses de cet ingénieux mécanicien, nous serions enclins à préférer le modèle à axe horizontal, malgré les défauts théoriques de non symétrie

du travail, car ces imperfections disparaissent en partie dans une rotation rapide.

Le petit modèle est à entraînement par friction, disposition excellente pour des appareils simples, tournant à grande vitesse et que les gens inhabiles sont toujours portés à essayer d'arrêter avec la manivelle : dans le cas de conduite par engrenages, il peut en résulter des bris de dents.

Au concours de laiterie, récemment tenu à Anderlecht, en Belgique, et conduit avec ce soin et ce souci de la recherche de la vérité que nous voyons apporter par nos bons voisins les Belges dans tous leurs essais publics, des expériences comparatives très sérieuses ont été faites sur sept modèles d'écrémeuses différentes. Le jury, composé d'hommes très compétents, avait décidé de mesurer toutes les constantes de ces appareils, leur vitesse, leur rendement, la force exigée, etc. Les mesures de forces étaient faites au dynamomètre de rotation du Dr Wust de Halle, on analysait les laits pour déterminer la teneur en matière grasse, et finalement chaque question recevait une note correspondante. Quelques accidents survenus pendant les essais ont relégué à des rangs inférieurs des appareils de grand mérite : les cylindres de friction de l'écrémeuse horizontale de Laval ont reçu de l'huile, l'adhérence ne se faisait plus et l'écrémeuse n'ayant plus sa vitesse ne donnait que de médiocres résultats.

Tout en absorbant à peu près son nombre de kilogrammètres normal, semblable accident se produit quelquefois dans l'emploi de la Laval lorsque le petit cylindre de buis qui constitue la crapaudine est mouillé par de l'huile ou par de l'eau.

L'écrémeuse à bras non ajustable de Burmeister a été alimentée avec du lait trop chaud.

Quoi qu'il en soit, les diagrammes et les résultats furent

assez nombreux pour qu'il devînt possible de dresser des tableaux donnant des chiffres comparatifs qu'il est assez intéressant de retenir. (Voir le tableau page suivante.)

L'avantage, d'après ces chiffres, appartient sans conteste à l'écrémeuse Mélotte, qui au surplus, dans ce concours, a été placée au premier rang pour la simplicité de sa construction et la facilité de son nettoyage.

Cependant, tout en rendant, comme nous l'avons fait, pleine justice aux laborieux efforts de la commission, nous restons étonné devant quelques résultats de ce tableau; il nous semble extraordinaire de voir qu'une écrémeuse à moteur consomme plus de kilogrammètres qu'une écrémeuse à bras. Il est probable que la Nielsen-Petersen ne devait pas être dans les conditions normales de fonctionnement.

En tout cas, il peut paraître bon de calculer la moyenne des rendements qui doit sans aucun doute donner une idée très approximativement exacte de la force nécessaire à l'écrémage d'un litre de lait. Elle est de 641 kilogrammètres; pour 1000 litres de lait à l'heure elle serait :

641 $\times$ 1000 ou 641000 kil., soit de deux chevaux et quart environ, chiffre qui s'éloigne peu de celui sur lequel on compte ordinairement dans la pratique.

Fleischmann avait exécuté autrefois à Raden des expériences comparatives qui ont donné à peu près les mêmes résultats que les essais plus récents des savants belges.

D'autre part le travail et la dépense correspondante ont été mesurés par des expériences directes du professeur Fjord à Copenhague.

Nous avons parlé de ces essais au commencement du chapitre des écrémeuses centrifuges.

Il peut paraître intéressant de rechercher par des calculs directs si l'on ne pourrait pas arriver à se faire une idée de la force utilisée.

ÉCRÉMEUSES.	EFFORT moyen pendant la marche.	FRACTION de tour par seconde.	TRAVAIL en kilogrammètres par seconde.	TRAVAIL en fraction de cheval-vapeur.	TRAVAIL en kilogrammètres par minute.	NOMBRE de kilogr. de lait traité par minute.	TRAVAIL en kilogrammètres par kilogr. de lait traité.
Nielsen-Petersen	10.25	0.75	15.375	0.205	922	1.071	860
Laval horizontale	12.25	0.66	16.334	0.218	980	1.825	537
Burmeister non ajustable	12.50	0.75	18.750	0.250	1.125	1.765	626
Laval baby	9.25	0.70	12.950	0.172	777	0.917	847
Victoria	10.50	0.68	14.343	0.191	861	1.467	587
Burmeister ajustable	13. »	0.75	19.500	0.260	1.170	1.792	653
Mélotte	12.66	0.50	12.667	0.168	760	2.020	376

Dans les écrémeuses centrifuges, on communique au lait une grande vitesse afin d'exécuter le travail de séparation des globules gras. Si nous désignons par v la vitesse de séparation des globules, par g' la nouvelle valeur de l'accélération, la force qui intervient est donnée par la formule

$$F = g' - K v^2.$$

Et si, comme on peut le supposer, le mouvement est uniforme, $F = d$ et $g' = K v^2$.

C'est-à-dire que v est proportionnel à la racine de g' ou bien à la vitesse angulaire de rotation à égalité de rayons.

Par conséquent, plus une écrémeuse tourne vite, plus proportionnellement la séparation est rapide; une écrémeuse que l'on fera tourner deux fois plus vite, écrémera deux fois plus vite, ou pour mieux dire, dans ce second cas, la montée de la crème s'effectuera en moitié moins de temps.

Mais quel est l'effet du travail que l'on produit : c'est tout simplement de communiquer au liquide une vitesse et par conséquent de le charger d'une énergie égale à sa demi-force vive, c'est-à-dire à $\frac{1}{2} mV^2$ ou $\frac{1}{2} P \frac{V^2}{g}$.

Cette énergie utile pour le résultat est, en se plaçant au strict point de vue de la mécanique, communiquée en pure perte, c'est la dépense; pour une écrémeuse tournant à 6000 tours, 40 cent. de diamètre et un travail de 360 kil. de lait à l'heure, c'est à peu de chose près 60 kilogrammètres.

Il n'est pas inutile de montrer ce que devient cette dépense : le lait s'échauffe lorsque son mouvement est anéanti et l'on possède les éléments nécessaires pour calculer l'élévation de température.

La vitesse moyenne rectiligne peut être prise égale à 60 mètres au minimum, 120 mètres au maximum dans les appareils usuels.

Entre la chaleur et le travail, on a la relation

$$\frac{1}{2} mV^2 = \quad APC\,t$$

dans laquelle

- m, est la masse;
- V, la vitesse;
- A, l'équivalent mécanique de la chaleur;
- P, le poids du corps;
- C, sa chaleur spécifique;
- t, la température.

$$P = mg \qquad t = \frac{V^2}{2gC\,.\,A}$$

Or A l'équivalent mécanique de la chaleur égale 425 kilm., C d'après nos indications égale 0,91, et par conséquent en prenant 10 pour la valeur de g,

$$t = \frac{3.600}{20 \times 0.91 \times 425} \text{ ou } t' = \frac{14.400}{20 \times 0.91 \times 421}.$$

C'est un nombre compris entre 0,5 et 2°. Et, en effet, l'échauffement est sensible, nous l'avons trouvé égal à 2° environ dans plusieurs écrémeuses différentes.

Il faut quelquefois, dans la pratique, tenir compte de cette élévation de température.

Travail de la crème. — La crème obtenue par un des procédés que nous venons d'indiquer peut être barattée immédiatement si elle provient d'un écrémage

spontané fait à la température ordinaire; mais si elle a été obtenue à froid ou par les centrifuges, elle ne donnerait au barattage immédiat qu'un beurre graisseux et sans arôme : il importe de la laisser aigrir quelque temps avant de la travailler. Pour arriver à développer le parfum recherché, on conserve la crème à une température modérée, 15 à 18° environ, pendant un temps qui est en moyenne de 24 heures. Si la température est trop basse ou l'acétification trop lente, on active la maturation en ajoutant à la crême quelques cuillerées de lait de barattage du beurre. Cette addition ne doit être faite qu'avec beaucoup de prudence, car elle donne lieu à des transformations rapides et correspond à des beurres très sapides et odorants. La crème devient de plus en plus acide avec le temps et, selon les goûts du public, on arrête cette acidification à un point plus ou moins avancé.

En Allemagne, on aime les beurres au goût fort et accentué; l'acidification de la crème est poussée jusqu'à un commencement de coagulation; il se forme des grumeaux dans l'intérieur. En France, nous préférons les beurres au parfum plus doux et le barattage doit être opéré sur des crèmes très peu acides.

Ce traitement de la crème est une des opérations délicates de la fabrication du beurre et elle ne pouvait être pratiquée que par tâtonnements, dégustation, essai au papier de tournesol avant les beaux travaux du docteur Storch.

Le savant danois a montré que la transformation de la crème était due à un assez grand nombre d'organismes microscopiques parmi lesquels se trouvait une bienfaisante bactérie jouissant de la propriété remarquable de communiquer au beurre son arome agréable et son goût délicieux.

Le docteur Storch est parvenu à isoler ce microbe

précieux et à en livrer au commerce des cultures soigneusement préparées. Il y aurait grand avantage à les adopter dans la pratique, à en ensemencer les crèmes fraîches qui subiraient alors des fermentations régulières et certaines, et ne seraient plus exposées à ces désastreuses transformations que causent quelquefois dans les laiteries certains microbes pathogènes.

En pratique, il est bon de conserver la crème dans des pots que l'on place dans une chambre à température constante ou mieux encore dans un bain d'eau.

Quelques expériences montrent au bout de quel temps, en moyenne, le traitement de la crème donne les meilleurs résultats.

CHAPITRE III

TRAITEMENT DE LA CRÈME, BARATTAGE, DÉLAITAGE MALAXAGE PROPRIÉTÉS ET ANALYSES DU BEURRE

Barattage. — Cette opération a pour but de déterminer l'agglomération des globules butyreux.

Ainsi que nous l'avons fait pressentir dans le chapitre où nous avons décrit les propriétés de la matière grasse, la théorie de l'agglomération de ces sphérules n'est pas encore faite. Il est difficile d'admettre que la réunion doive être attribuée à la cessation d'un état de surfusion, et cependant, jusqu'à présent, c'est encore cette hypothèse ingénieuse du Dr Soxhlet qui rencontrerait le plus de créance. Nous avons dit qu'alors il devenait presque impossible d'expliquer pourquoi le barattage ne réussit pas à trop basse température, par exemple au-dessous de 8 à 10°, et comment il se fait que dans deux expériences exécutées parallèlement dans une laiterie, nous n'avons pas observé de différences sensibles entre les augmentations de température produite dans le barattage de l'eau pure et dans celui de la crème pendant le même temps. Nous ignorons totalement jusqu'à présent la chaleur latente de fusion des corps gras, mais tout nous porte à croire que cette chaleur latente est faible, car les corps

passent par l'état pâteux, ce qui prouve que le travail moléculaire s'accomplit faiblement.

Le phosphore qui est mou à la température ordinaire, a une chaleur de fusion très petite 0,15 Ph = 31; le bismuth qui passe par l'état pâteux avant de fondre ne présente qu'une chaleur de — 2,6 pour une molécule qui pèse 210, et cependant la dilatation produite par la fusion est considérable, ce qui implique alors l'existence d'un travail moléculaire appréciable.

La molécule des glycérides diverses est très lourde, si nous la prenons égale à 800 en moyenne et si nous admettons une chaleur égale à 8, chiffre qui à la vérité n'est fondé absolument sur rien, si ce n'est sur une moyenne générale des chaleurs de fusion mesurées, nous trouvons qu'un kilogramme de beurre en se formant aurait dégagé 10 calories; et si nous supposons que nous travaillons une crème à 30 % de beurre, ce serait 3 kilos de beurre ou 30 calories, ce qui pour une masse de 7 kilos d'eau donnerait une élévation de température de 4° 5. Cette augmentation serait tellement sensible qu'elle aurait été depuis longtemps constatée. Or, rien de semblable n'a été signalé; il faut donc croire ou que la théorie est inexacte, ou que notre chiffre de chaleur de fusion est fortement exagéré.

Avant d'exposer la théorie du Dr Soxhlet, nous devons faire remarquer que dans le barattage, le beurre apparaît presque brusquement. Cette séparation est curieuse à plus d'un titre, il semblerait que le barattage a eu pour effet de briser un obstacle qui s'opposait à la réunion des globules; n'y a-t-il pas eu dans ce phénomène une modification de la caséine? c'est ce qu'il serait intéressant de vérifier. Il est constant que le beurre se sépare et se rassemble aussitôt que la caséine qui l'enveloppait comme dans un réseau est devenue soluble ou a dis-

paru. La composition du babeurre se rapproche beaucoup de celle du lait; elle est la même, à la matière grasse près, qui dans le lait pur était de 4,5 à 5 % en moyenne et qui est tombée suivant les procédés d'écrémage à 0,2 ou à 1 % au maximum.

Il serait certainement très intéressant de doser par les procédés de M. Duclaux, la proportion de caséine soluble et celle de caséine insoluble avant et après l'opération. L'étude de la constitution de la crème n'a réellement pas été faite jusqu'à présent, et l'on ignore encore le rôle de ce liquide albuminoïde qui englobe les molécules de matière grasse.

Nous avons, en turbinant la crème à une température de 35 à 40°, pendant deux heures à la vitesse de 4000 tours dans un contrôleur Fjord, obtenu une séparation du liquide en trois couches : à la partie inférieure était une eau blanchâtre, au-dessus se trouvait une couche de crème elle-même divisée en deux. A la base on voyait une légère couche grisâtre très nettement séparée de la couche supérieure. Y a-t-il dans l'espèce une dissociation de la caséine ; la caséine soluble joue-t-elle un rôle dans le phénomène ? c'est ce que nous ne savons pas encore au juste.

Dans l'étude de cette question, nous avons été amené à un essai de lavage de la crème à l'eau; le nouveau lait ainsi reformé a été écrémé comme à l'ordinaire au centrifuge; l'eau extraite était à peine colorée, elle restait plutôt louche et la crème avait repris son aspect primitif.

Quoi qu'il en soit, et pour permettre d'envisager tous les côtés de la question, nous allons donner les termes mêmes de la théorie de Soxhlet et décrire les expériences qu'il a faites.

*
* *

Si l'on examine au microscope, aux diverses températures qui sont usitées dans l'exploitation laitière, du lait fortement étendu d'eau et en couches minces, on observe que les globules gras ont tous, sans exception, la forme sphérique. Si on varie la position, on remarque tous les phénomènes que présentent des gouttes d'huile ou de graisse en suspension dans l'eau ou dans des solutions aqueuses.

Cette manière de se comporter et la circonstance que tous les globules ont une forme rigoureusement sphérique nous autorisent à conclure que nous avons affaire, dans les globules du lait, à des gouttelettes liquides qui conservent cet état.

Nous savons que les corps liquides prennent la forme sphérique lorsqu'ils nagent dans des milieux liquides avec lesquels ils ne se mélangent pas; les corps solides, même lorsqu'ils sont arrondis, ne présentent jamais cette forme rigoureusement sphérique. Si l'on congèle du lait jusqu'à une température de 3 à 4° c. au-dessous du zéro, et qu'on le fasse ensuite dégeler lentement à la température de la chambre, l'image que présentent les globules du lait vus au microscope est toute différente : à l'exception des plus petits, ils ont complètement perdu leur forme sphérique; les contours sont des plus variés; plusieurs ont encore des formes arrondies, mais les lignes terminales, au lieu d'être circulaires, sont en zigzag; leur forme montre qu'ils sont devenus solides, ce qui leur a fait perdre l'aspect qu'ils avaient à l'état de gouttes. Les globules du lait longtemps barattés ont exactement la même apparence, lorsqu'il ne s'en est pas encore séparé des morceaux de beurre. Il résulte de ces faits que les globules de beurre, au-dessus du point

de congélation de l'eau, sont des gouttelettes de graisse liquides, qui se solidifient par le refroidissement à 3 ou 4° c., ou par l'effet de commotions mécaniques violentes. Le bien fondé de cette hypothèse est appuyé par l'essai suivant de barattage, auquel M. Soxhlet a procédé : un litre de lait tout fraîchement trait a été introduit dans un mélange réfrigérant, où il est resté jusqu'à ce qu'il fût complètement congelé. Cette opération a duré une heure et demie, et la température est descendue à 3 ou 4° c. au-dessous de zéro. Le dégel s'est fait à une température de 20° c. au bain-marie. En même temps que le lait était introduit dans le mélange réfrigérant, on a pris un litre du même lait, on l'a refroidi à 20° c. en le maintenant à cette température. Les deux portions de lait ont été ensuite introduites l'une après l'autre dans une petite baratte à beurre, dont le vase était un cylindre de verre, puis barattées, en ayant soin que les mouvements fussent aussi uniformes que possible dans les deux cas.

On a commencé par le lait qui n'a pas été soumis à l'action du froid.

Au bout de sept minutes, il n'y avait pas encore de changement, et une goutte du liquide, examinée au microscope, montrait que les globules du lait avaient modifié leur forme de la manière décrite plus haut; quelques-uns étaient déjà agglomérés sans cependant s'être complètement confondus; on commençait à apercevoir de petites masses de beurre sur les parois du cylindre de verre; à l'examen microscopique, la plupart des globules étaient à moitié agglomérés, collés les uns aux autres et formant des amas en forme de grappe. Après la onzième minute, on a suspendu le barattage, la surface du lait s'étant couverte d'une couche de grumeaux de beurre. — Quant au lait qu'on

avait fait congeler puis dégeler et dont les globules étaient déjà solides avant le barattage, il était déjà converti en beurre au bout de deux minutes, au même point que le premier baratté.

*
* *

Quoi qu'il en soit de cette théorie encore un peu incertaine, nous allons, tout en faisant nos réserves sur le pourquoi de la chose, exposer les principes de barattage pratique.

L'opération doit se faire à une température que l'expérience indique comme favorable et qu'il nous paraît difficile de désigner par un chiffre déterminé. En Danemark, on baratte à très basse température, 9 à 10°; en France, il arrive quelquefois que l'on ne peut réussir à faire du beurre qu'à des températures de 18° à 20°; c'est au laitier lui-même à étudier les conditions du meilleur travail. En thèse générale on peut dire que l'on doit s'efforcer d'effectuer le barattage en un temps à peu près constant de 30 à 45 minutes. Si le barattage est fait à température trop élevée et avec des moyens d'agitation trop énergiques, le beurre apparaît vite, mais il est brûlé, filant et s'attachant aux parois; sa qualité est défectueuse. Au contraire, un barattage à trop basse température entraîne à des opérations interminables, et c'est en se guidant sur le temps que nons avons indiqué que l'on trouve la température qu'il convient d'adopter. Il est toujours préférable, au point de vue de la qualité, de baratter un peu froid, quitte à tourner un peu plus longtemps. Il faut se méfier en industrie des barattes trop rapides, le beurre qu'elles fournissent est rarement bon.

Dans le barattage et d'après nos habitudes françaises on travaille des crèmes assez douces, tandis qu'en Prusse

et dans quelques pays du Nord, on a l'habitude de traiter des crèmes déjà très aigries.

Là existe encore un nouveau sujet d'étude qui ne peut être entrepris que par l'industriel laitier, c'est lui qui doit trouver la solution d'une question dont nous ne pouvons indiquer que les lignes générales.

En barattant des crèmes que l'on vient d'obtenir des centrifuges, on ne fabrique que des beurres de qualité médiocre, et les rendements ne sont pas satisfaisants; en attendant quelque temps, la crème s'acétifie, le rendement augmente et le beurre a plus d'arome, le goût et l'odeur se développent avec l'acidification.

Les premières portions de crème qui montent dans l'écrémage spontané, celles qui apparaissent en premier lieu dans un écrémage centrifuge sommaire, donnent les beurres les plus frais et les plus délicats; c'est avec ces crèmes que l'on fabrique les beurres si renommés de la Normandie en sacrifiant une partie du rendement. Ces premières crèmes sont d'un barattage facile parce qu'elles sont composées des plus gros globules.

La fin du barattage s'annonce par un changement de bruit du clapotement du liquide dans l'appareil. Le bruit était sourd et homogène; au moment de l'apparition du beurre, on *s'aperçoit* que la matière agitée a subi une séparation : on entend le jaillissement clair d'un liquide très fluide et les chocs d'une matière solide et molle; on arrête l'opération quelque temps après cette séparation du beurre.

On a discuté souvent la question de savoir s'il fallait alors retirer le beurre et le délaiter à sec ou s'il convenait de laisser écouler le lait de beurre, de le remplacer par de l'eau froide et de laver le beurre dans la baratte.

Nous ne croyons pas que l'une ou l'autre de ces pra-

tiques puissent occasionner des différences bien sensibles dans la qualité des produits.

Les beurres de Normandie et de Bretagne sont délaités dans la baratte ou dans des vases de bois; ceux de Danemark et de Suède sont lavés à part, mais nous pensons que la différence de leurs goûts et de leurs qualités tient bien plutôt à la différence des conditions d'existence des vaches et à la qualité des pâturages, qu'au mode de lavage d'une substance sur laquelle l'eau n'a aucune prise. Depuis quelques années, les procédés danois et suédois se sont vulgarisés chez nous; la fabrication a donc changé dans plusieurs localités, et les produits normands ou bretons n'ont paru sur les marchés ni meilleurs ni moins bons qu'ils n'étaient auparavant.

En tout cas, il faut déconseiller d'une manière absolue le délaitage à l'eau lorsque celle-ci est de mauvaise qualité, qu'elle contient du fer, du sulfate de chaux ou des matières organiques ; mais le lavage dans une eau pure et limpide, dans ces eaux délicieuses des terrains granitiques par exemple, ne saurait à notre avis du moins être nuisible en aucune façon.

Des barattes. — Les barattes sont extrêmement diverses et nombreuses, nous n'essayerons pas de les classer d'une façon quelconque; une telle classification est inutile, à supposer même qu'elle soit raisonnable.

Un vase quelconque dans lequel on produit une agitation du liquide qu'il peut renfermer est une baratte, et le nombre de ces machines est nécessairement considérable ; nous ne voulons pas tenter de décrire tous les appareils connus, nous nous contenterons de donner la disposition des types les plus usuels et réputés les meilleurs.

En général, nous pouvons dire qu'une bonne baratte doit être simple et facile à nettoyer; l'agitation du liquide ne doit pas y être trop énergique : le beurre serait mauvais.

Il faut éviter l'emploi de barattes dans lesquelles des fuites ou des jaillissements peuvent se produire, car l'entretien en devient difficile et minutieux; il faut choisir de préférence celles dans lesquelles la température peut être conservée à peu près constante, soit parce que le vase est épais ou imperméable à la chaleur, soit parce qu'il contient des régulateurs de température.

Nous ne décrirons pas les barattes de ménage, appareils plus ou moins bien combinés au point de vue de l'élégance et de la rapidité, nous désirons seulement parler des barattes que l'on peut songer à employer dans la grande industrie laitière.

Baratte Victoria. — En Angleterre, on emploie assez fréquemment une baratte portant plus spécialement la marque de Hatthaway et méritant certainement d'être connue et appréciée chez nous.

Elle se compose d'un tonneau dont le diamètre égale environ la hauteur et qui peut être animé d'un mouvement de rotation autour d'un axe légèrement incliné sur une perpendiculaire à l'axe de la figure de révolution.

Il s'ensuit que par la rotation seule, la crème est rejetée d'un bout à l'autre alternativement et que l'agitation est suffisante sans qu'il soit besoin de placer aucun contre-batteur, aucun buttoir dans l'intérieur; c'est, si l'on veut, la baratte normande dont nous donnons plus loin la description, mais cette baratte débarrassée de ses contre-batteurs qui la rendent toujours un peu difficile à nettoyer; elle partage avec la baratte normande ordinaire l'inconvénient qui est de ne permettre de surveiller le travail pendant la marche. Pour pallier en partie ce désavantage, les constructeurs anglais ont l'habitude de mettre une petite glace à une des extrémités du tonneau. Cette addition n'empêche pas l'opérateur d'être obligé d'arrêter sa baratte pour juger de l'état du travail.

L'ouverture du tonneau se fait dans cette baratte anglaise par l'un des fonds qui est amovible et fixé à volonté sur une portée circulaire au moyen de quelques vis de pression.



Fig. 58. — Baratte Victoria.

La vidange, les manipulations, l'extraction du beurre, le nettoyage de l'appareil sont donc des plus simples, puisqu'il n'y a rien dans le tonneau et que tout son ensemble est partout accessible lorsque le fond est retiré.

La vitesse est celle d'une manivelle manœuvrée à

la main; elle est déterminée d'une manière bizarre et ingénieuse dans quelques modèles.

Dans certaines de ces barattes, le fond fixe porte une double paroi ou une applique en fonte que l'on peut remplir suivant les besoins d'eau chaude ou d'eau froide : c'est un régulateur de température. Dans ce compartiment qui est hermétiquement clos, on a placé un petit disque de fonte qui suivant la position du tonneau s'applique tantôt sur le fond de la baratte, tantôt sur la paroi de fonte.

Pendant une rotation lente on entend ces chocs successifs, mais si le mouvement s'accélère, le morceau de fonte finit par s'appliquer au point le plus éloigné de l'axe et il y reste définitivement fixé : on n'entend plus aucun bruit.

Cette adhérence ou cette immobilité du morceau de métal se produira lorsque la force centrifuge d'après la rotation plus accélérée dépassera en valeur absolue l'intensité de la pesanteur ou bien que $mr\omega^2 > mg$.

$$\omega > \sqrt{\frac{g}{r}}$$

Si r est très grand, il suffit d'une faible vitesse angulaire pour produire ce résultat, mais en pratique r est au plus égal en moyenne à 50^{cm}; si g égale 10^{m}, ω doit être plus grand que $\sqrt{20}$, c'est-à-dire compris entre 4 à 5; c'est à peu près la grande vitesse d'une manivelle ordinaire manœuvrée à bras, c'est la vitesse maxima de la baratte normande ordinaire.

Le beurre avec cette machine est fait dans le temps normal, toutes les manipulations sont simples et faciles; la baratte est bien équilibrée malgré sa position excen-

trique, car l'axe de rotation est disposé de manière à passer par le centre de gravité.

Baratte berceau, fig. 59. — Pour comprendre la construction de cette baratte on doit s'imaginer une boîte rectangulaire ou plutôt de section à peu près carrée; la longueur de la grande arête égale deux ou trois fois le

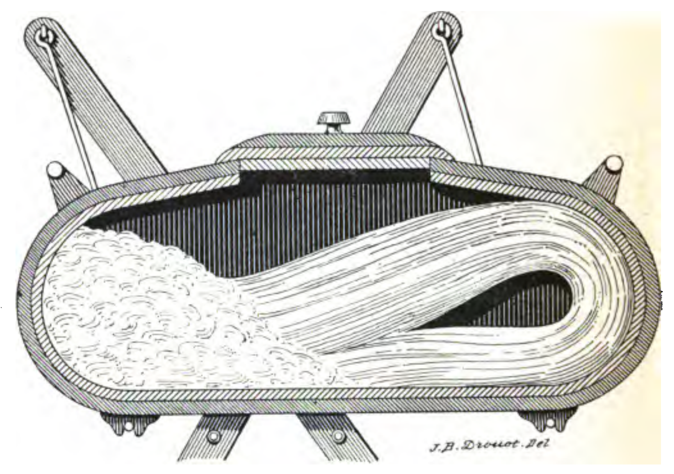


FIG. 59. — BARATTE-BERCEAU.

côté, et les deux fonds, au lieu de consister en deux rectangles de section, sont des portions demi-cylindriques qui se raccordent avec les faces planes hautes et basses. En coupe on voit deux demi-circonférences ou une circonférence coupée en deux dont on aurait relié les deux portions par deux tangentes parallèles; cette figure est la directrice d'un cylindre dont les génératrices sont horizontales et perpendiculaires au plan primitif.

Cette boîte porte à sa face supérieure un couvercle qui n'a pas besoin d'être très étanche, et elle est suspen-

due comme une table sur quatre pieds verticaux, mais constitués par des planches flexibles.

Les quatre planches sont parallèles et l'agitation droite et gauche se fait de part et d'autre de l'axe de symétrie vertical de la directrice.

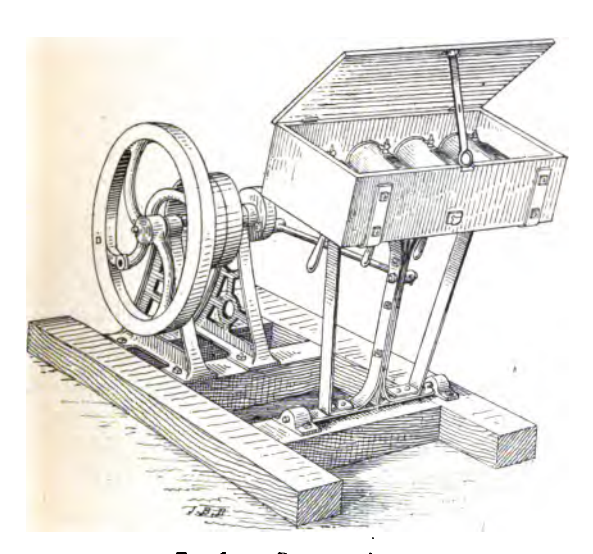


FIG 60. — BARATTE D'ESSAI.

S'il y a du liquide dans la boîte, ces mouvements alternatifs le projettent tantôt contre un des fonds concaves, tantôt contre l'autre; le liquide projeté contre cette surface courbe retombe en volute sur lui-même, et il n'est aucun besoin de mettre des batteurs ou des chicanes dans l'intérieur de la baratte; le travail peut être surveillé presque sans arrêt, les manipulations sont commodes, et le large accès de l'intérieur permet de vider, de laver, de nettoyer rapidement.

Le seul reproche à attacher à cette baratte est peut-être sa lenteur, l'agitation ne paraît pas être suffisamment énergique et la fabrication traîne un peu; par les temps froids ou aux basses températures le beurre ne se fait même plus.

L'avantage cherché était précisément d'éviter tout organe intérieur qui rend le nettoyage plus difficile; la

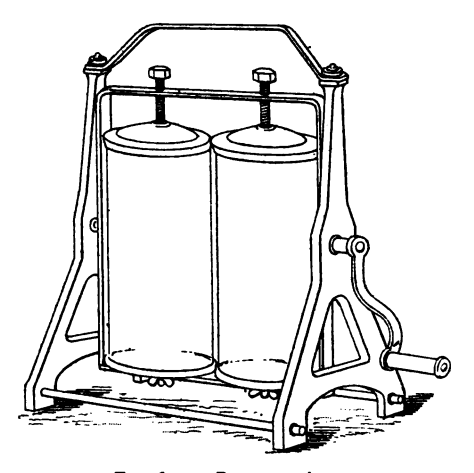


Fig. 61. — Baratte d'essai.

pratique démontre que le but cherché n'est pas tout à fait atteint et que cette baratte serait utilement complétée par l'adjonction de quelques barres de bois fixes ou mobiles dans l'intérieur de la caisse.

Sur le principe de la baratte-berceau, on a construit de petites barattes d'essais assez ingénieuses, fig. 60.

On prépare avec les laits ou les crèmes à essayer un certain nombre de bocaux dont la large ouverture est fermée par un bouchon de liège ou mieux par un tampon

circulaire pressé à vis contre une base de caoutchouc.

Tous les flacons étiquetés sont ensuite rangés dans les compartiments d'une boîte de bois suspendue par des planches comme la baratte précédente ou comme le cribleur Jossé; de temps à autre on examine le con-

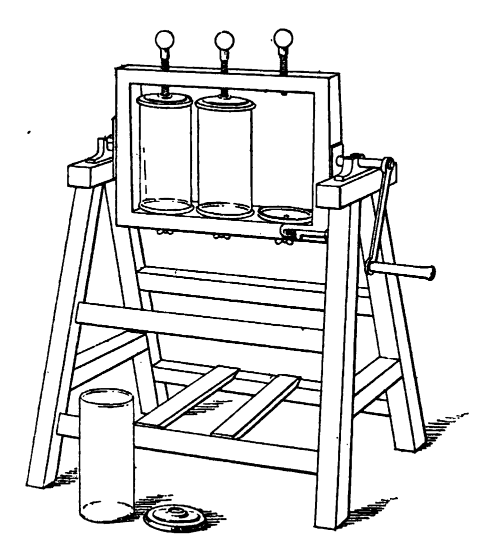


FIG. 62. — BARATTE D'ESSAI.

tenu des flacons de verre et on retire de la boîte ceux dans lesquels le beurre est fini; ce beurre est pesé et dégusté par l'expérimentateur. On a construit ces appareils d'expérience sur une assez grande échelle, et dans ces cas lorsqu'ils sont trop lourds on les met en mouvement par un moteur : un excentrique ou un bouton de manivelle servent d'intermédiaires pour communiquer à une bielle un mouvement de va-et-vient qui est précisément celui de la baratte.

Les bocaux chargés de lait ou de crème peuvent être agités par la rotation de la caisse qui les contient; l'apparition du beurre est prompte.

Baratte normande. — Cette baratte est une des plus adoptées en Normandie, et son usage si général dans un pays renommé pour la qualité de ses produits conduit à penser que l'appareil est réellement bon et commode.

La baratte normande est un des appareils les plus simples que l'on puisse imaginer.

Elle consiste en un tonneau mobile autour de son axe de figure placé horizontalement.

L'agitation ne se produirait pas et le liquide glisserait seulement sur le bois si l'on n'avait ménagé dans l'intérieur du tonneau des obstacles ou des ressauts formés de lames de bois placées dans des plans diamétraux.

Le liquide retenu plus longtemps pendant la rotation, élevé grâce à ces lames, retombe ensuite en cascade comme l'eau d'une roue hydraulique et l'agitation est suffisante pour que le beurre apparaisse dans le temps normal.

La baratte normande est construite avec le plus grand soin et on pourrait dire même avec luxe par les fabricants de Normandie.

Les tonneaux toujours faits en beau bois de chêne et cerclés en fer poli sont munis d'une ou de deux ouvertures de 20^{cm} de diamètre environ pour le remplissage et la vidange. Une ouverture est bien suffisante du reste; elle est ordinairement de forme circulaire et bouchée par un tampon de bois appliqué par une vis comme les trous d'homme des chaudières à vapeur, ou bien comme dans les barattes Simon, ce bouchon porte lui-même des fragments de pas de vis qui permettent un emmanchement semblable à celui de l'obturateur des canons fran-

çais se chargeant par la culasse. Le serrage donne une fermeture rapide et hermétique.

Les constructeurs se sont appliqués également à établir un mouvement de rotation très doux en diminuant les frottements. Dans quelques-unes de ces barattes, les

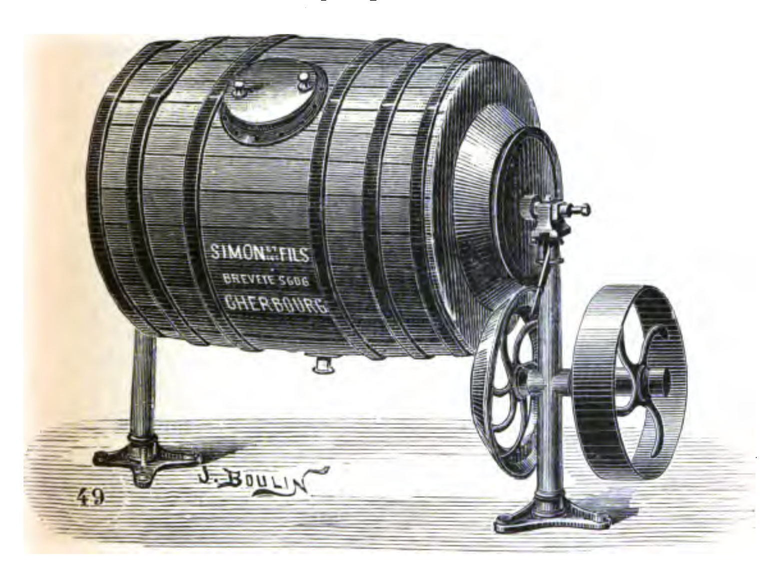


Fig. 63. — Baratte Normande.

axes reposent sur les jantes de deux galets que l'on maintient mobiles par le graissage.

MM. Simon ont imaginé une disposition qui permet de modifier la vitesse de rotation à volonté pendant la marche; pour cela une des extrémités de l'axe porte un tronc de cône légèrement bombé et ce cône est entraîné à frottement par un autre cône fixe qui reçoit le mouvement du moteur vapeur ou manège.

Il est aisé de comprendre que si l'on incline très lé-

gèrement le cône bombé, si l'on déplace son axe dans un plan vertical, en inclinant la ligne plus ou moins sur l'horizon, ce sera tantôt une circonférence, tantôt une autre de ce cône bombé qui frotteront sur des circonférences différentes du cône fixe. Si le rayon de la circonférence frottée augmente dans le cône mobile bombé, le rayon de la circonférence frottante diminue dans le cone fixe et la vitesse est ralentie; la réciproque se conçoit d'elle-même : le mouvement pourrait être accéléré.

Or, ces variations de l'inclinaison de l'axe de la baratte s'obtiennent très aisément en déplaçant verticalement le palier opposé au côté du cône, celui qui supporte l'autre extrémité de l'axe. Quelques millimètres suffisent et cette hausse ou cet abaissement sont produits à l'aide d'un petit volant manœuvré à la main. On parvient même à débrayer la baratte par ce moyen; il suffit de faire, à partir d'une certaine hauteur, reposer le cône mobile sur un plan fixe. Cette disposition est précieuse dans la pratique; il est très commode de pouvoir ralentir le mouvement au début et à la fin de l'opération, et d'arrêter à volonté pour examiner l'état d'avancement du travail.

C'est pour cette constatation que l'on ménage quelquefois une deuxième ouverture plus petite que la première, un simple trou fermé par un bouchon de liège par exemple ou bien une soupape que l'on peut élever ou abaisser à la main. Cette disposition est utile : au commencement de l'opération, la pression augmente dans l'appareil par le dégagement de gaz contenus dans la crème; il est bon, après quelques tours, d'arrêter la baratte et de donner une issue aux gaz comprimés. Un sifflement annonce que le dégagement s'est opéré; on referme, et dès lors l'opération peut se continuer sans interruption.

La petite ouverture ajoutée sert également à l'écoulement du lait de beurre lorsque l'opération est terminée; il faut alors dévisser tout d'abord le large tampon circulaire pour laisser libre accès à l'air atmosphérique. On referme ensuite l'ouverture inférieure lorsque l'on voit apparaître les premiers grumeaux de beurre, on rajoute de l'eau fraîche, et en quelques tours on opère le lavage du beurre dans la baratte même. Cette opération est renouvelée une deuxième fois si le premier lavage paraît insuffisant,

La baratte normande donne d'excellent beurre : cette qualité remarquable tient-elle en partie à la disposition de l'appareil? c'est ce que l'on ne saurait dire au juste. Quelques-uns sont d'avis que le beurre est meilleur lorsqu'il est fabriqué dans un espace entièrement clos· Cette assertion ne paraît pas parfaitement établie.

Perfectionnements apportés à cette baratte.

Le principal reproche que l'on pourrait adresser à cette baratte normande tient précisément à son herméticité qui ne permet pas de contrôler le travail pendant la marche. On ne peut pas toujours s'en rapporter au bruit pour connaître la fin de l'opération; les glaces ou les vitres que l'on a placées sur les parois verticales de certaines barattes ne sont pas de très grande utilité dans un appareil qui tourne, et par conséquent on se trouve conduit à arrêter la rotation pour prendre des preuves en débouchant l'orifice d'introduction de la crème. Il en résulte une perte de temps qui peut même nuire au travail.

MM. Simon et fils, constructeurs à Cherbourg, ont imaginé un ingénieux appareil de prise d'essais au moyen duquel on remédie aux inconvénients dont nous parlions.

Leur appareil se compose d'un tuyau recourbé à angle droit : une des branches qui est horizontale traverse à frottement doux l'axe même de la baratte, elle est folle dans cet axe qui ne l'entraîne pas. Une des extrémités de cette branche est terminée par un pas de vis sur lequel se manœuvre à la main un volant de petite dimension; si l'on vient à visser à fond cet écrou le tube se trouve serré dans le deuxième tube qui l'entoure et qui constitue l'axe, il est alors entraîné dans tous les mouvements de la baratte.



Fig. 64. — Baratte Lefeldt.

La deuxième extrémité recourbée à angle droit porte dans son prolongement une masse ou un poids qui tend à ramener cette branche dans la position verticale.

Le tube est donc toujours droit et son ouverture libre est dirigée vers le haut; à la partie supérieure il est recourbé en ∩ ou en forme de col de cygne.

Ce tube avec son contrepoids est à l'intérieur de la baratte et si le volant est libre, l'ensemble se tient droit et immobile; mais si l'on vient à serrer l'écrou, le tuyau recourbé est entraîné dans la rotation de la baratte.

A chaque tour, lorsqu'il est à la partie inférieure et le poids en haut, il plonge dans le liquide et s'emplit, puis suivant le mouvement de la baratte, il se redresse et laisse alors échapper par l'axe même le liquide qu'il contenait.

On recueille ainsi à chaque tour quelques centimètres cubes de liquide, on les examine et l'on peut juger de l'état d'avancement du travail.

Si le beurre n'est pas achevé, on dévisse le volant et on ne l'embraye de nouveau que lorsqu'une nouvelle épreuve paraît nécessaire.

Autres types de barattes tonneaux. — Le type de la baratte normande est du reste très répandu. Lefeldt en Allemagne construit une baratte analogue qui porte son nom et est très fréquemment adoptée; en Suisse, on voit beaucoup de grands modèles de ces barattes dans les fromageries; le mouvement est ordinairement donné par un manège.

Dans le Milanais, on emploie des barattes closes dites d'après leur forme aplatie barattes *meules*.

Ce sont des disques de bois, des meules creuses ou des tonneaux très aplatis et à grands rayons, 60 ou même 80 centimètres, et 20 à 30 c. d'épaisseur.

Ces grandes roues sont mises en mouvement comme les barattes normandes, et l'agitation y est peut-être même plus énergique, mais cet avantage disparaît devant les graves inconvénients d'un accès et d'un nettoyage difficiles.

Aussi cet appareil ne nous semble-t-il pas devoir être recommandé.

La plus importante modification apportée à la baratte normande a été imaginée par un constructeur français, Chapellier. Il a eu l'excellente idée d'augmenter l'intensité de l'agitation en employant des tonneaux prismatiques. Ses appareils, toujours exécutés avec les plus grands soins, donnent de très bons résultats pratiques et sont aujourd'hui très appréciés dans l'industrie laitière.

Baratte Chapellier. — La baratte Chapellier se compose d'une caisse à 6 ou 8 pans ne contenant qu'un

batteur. Cette baratte n'a que trois ouvertures, l'une assez large afin de pouvoir introduire la crème et retirer le beurre, une autre assez petite et fermée seulement par

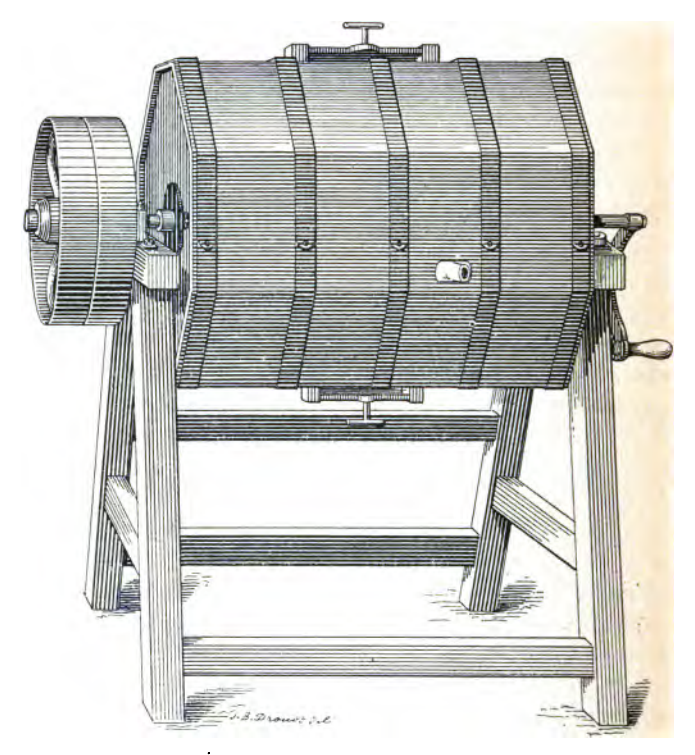


FIG. 65. — BARATTE CHAPELLIER.

une cheville; elle sert à faire évacuer les gaz et à recevoir le thermomètre; la troisième ouverture est opposée à la première et est destinée à supporter un cylindre rempli d'eau froide ou d'eau chaude selon qu'il faut abaisser ou élever la température. Dans un tube de

fer-blanc est placé le thermomètre, on l'y maintient par des tampons de papier ou de coton, de façon à ne pas le remuer lorsqu'on tourne la baratte. Un disque en bois ferme le cylindre rempli d'eau ; ce disque est recouvert de feutre et soutenu par une vis de pression.

On remplit avec de la crème la baratte à moitié ou aux trois quarts; on referme l'orifice, puis on place le tube de fer-blanc; on fait tourner pendant une à deux minutes, puis on suspend un instant afin de consulter le thermomètre. La température préconisée par l'inventeur de la baratte est de 17°. Si en été le thermomètre marque plus ou moins de 17°, et de 18° en hiver, au moyen du cylindre à eau on réchauffe ou on refroidit la baratte. Quand la température nécessaire est atteinte, on ôte le thermomètre et le cylindre, puis on tourne à raison de 50 à 60 tours par minute. L'inventeur a indiqué la température de 17°, mais cette température est quelquefois trop élevée; il est préférable de baratter plus longtemps afin d'obtenir un beurre plus dur et plus résistant.

La baratte Chapellier est facile à entretenir, le travail qu'elle fournit est très satisfaisant. Elle est établie en plusieurs grandeurs de 25 à 300 litres ou plus.

Baratte à ribot ou baratte bretonne. — Cette baratte est très souvent adoptée aujourd'hui dans les exploitations de faible ou de moyenne importance. La simplicité de sa construction, un batteur dans un pot quelconque, la modicité de son prix, expliquent ce succès persistant.

Ces barattes sont établies maintenant à l'aide de mouvements à manivelle et engrenages.

La figure 66 montre la disposition de la baratte bretonne que construit M. Savary à Quimperlé.

Baratte danoise. — Cette baratte inventée en

Danemark est très employée dans ce pays, en Suède, en Norwège et une partie de l'Allemagne. Introduite en France par M. Pilter, elle est de nos jours une des plus appréciées dans beaucoup de nos grandes laiteries indus-



Fig. 66. — Baratte bretonne; échelle $\frac{1}{10}$ ±.

trielles. Elle se compose d'un récipient tronconique en bois, trois contre-batteurs verticaux sont fixés à celui-ci, la baratte est munie d'un couvercle à deux pièces se fermant pendant la marche, l'un des vantaux reçoit un thermomètre. A peu près aux 2/3 de la hauteur du récipient et à l'extérieur sont attachés deux tourillons reposant sur des équerres en fonte boulonnées sur le

bâti en bois qui maintient la machine. Dans les deux pitons vissés à la partie supérieure du bâti, s'engagent deux crochets en fer servant à tenir la baratte verticalement au moment du fonctionnement. L'agitateur se compose d'un arbre auquel sont fixées deux traverses horizontales, réunies à leurs extrémités à deux ailettes verticales; celles-ci pendant la rotation envoient la crème sur les contre-batteurs verticaux, en déterminant continuellement son retour vers le centre.



FIG. 67. — BARATTE DANOISE; ÉCHELLE $\frac{1}{20}$.

On peut relier à volonté, à l'aide d'une bague mobile, l'arbre moteur à l'axe de l'agitateur, ou bien l'en séparer. Grâce à l'ouverture que porte la baratte à sa partie supérieure, on suit la marche de la prise du beurre tout en continuant le barattage; le beurre achevé, l'on procède au lavage de l'instrument et de ses accessoires avec une grande facilité.

En Danemark, l'usage de cette ouverture, en hiver, est très utile, car l'on peut réchauffer la crème, en plongeant dans celle-ci un vase rempli d'eau tiède.

Cette baratte danoise est mise en mouvement à bras, par un manège ou une machine à vapeur.

Par l'actionnement à bras, la manivelle peut exécuter 40 tours par minute, ce qui correspond à peu près à 100 ou 120 tours de l'agitateur dans le même espace de temps; dans la marche par un manège ou la machine à

vapeur, l'agitateur doit faire 130 ou 150 révolutions par minute.

Il est bon de munir ces tonneaux d'un petit robinet

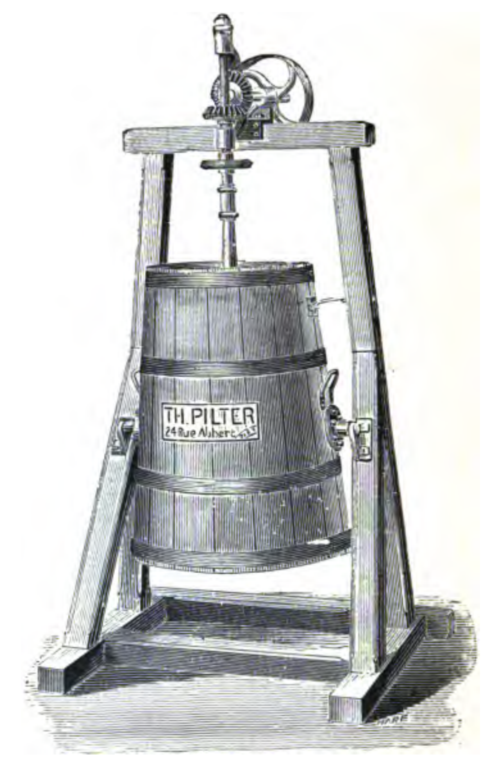


FIG. 68. — BARATTE DANOISE A VAPEUR; ÉCHELLE $\frac{1}{20}$.

placé à la partie inférieure; le délaitage est ainsi singulièrement facilité.

M. Hignette construit des barattes danoises accouplées par deux ou plus et maintenues par des colonnes

verticales ; la commande se fait avantageusement par poulies et courroies.

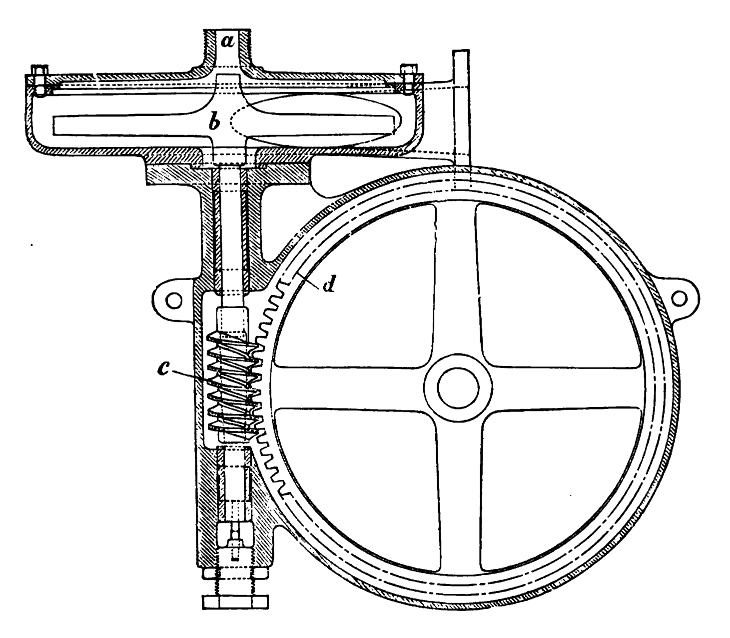


FIG. 69. — COMMANDE DE LA BARATTE A VAPEUR; ÉCHELLE $\frac{1}{10}$.

Comparaison des barattes. — Le choix d'une baratte se détermine ordinairement d'après les habitudes locales, et de fait on peut admettre que toutes ces machines donnent à peu près le même résultat ; il n'est possible de comparer toutes les barattes entre elles qu'au moment des concours de laiterie, mais dans les expositions les appareils sont bien souvent présentés et mis en œuvre par des agents de commerce très peu au cou-

rant de la fabrication. Quelques-uns d'entre eux réussissent mal avec des instruments certainement bons, et d'autre part les conditions d'un concours ne sont pas toujours des conditions normales, ou il fait trop chaud ou trop froid, ou l'on baratte des crèmes incomplètement acidifiées, ou trop aqueuses, ou en quantité insuffisante, etc. Dans des circonstances défavorables des appareils reconnus bons peuvent mal fonctionner et les épreuves ne sont pas rigoureusement concluantes.

Sous cette réserve, nous avons vu dans bien des concours dans lesquels on tenaït compte du goût des beurres, la baratte normande occuper toujours un des premiers rangs mais non pas régulièrement la première place.

Dans un concours récent les classements comme qualité du beurre ont été sur sept grandes barattes industrielles :

Normande : places 2, 4, 5
Une autre baratte close avait le n° 3
Danoise : 1, 6 et 6 *ex-æquo*.

Au point de vue du rendement, les mêmes intercalations se reproduisent :

Normande : 1, 3, 5 et 6
Danoise : 2, 4 et 4 *ex-æquo*.

La Normande occupait le premier rang comme qualité de beurre, mais le second comme rendement. Nous pouvons admettre sans grande erreur que ces barattes se valent à peu de chose près. Comme service courant,

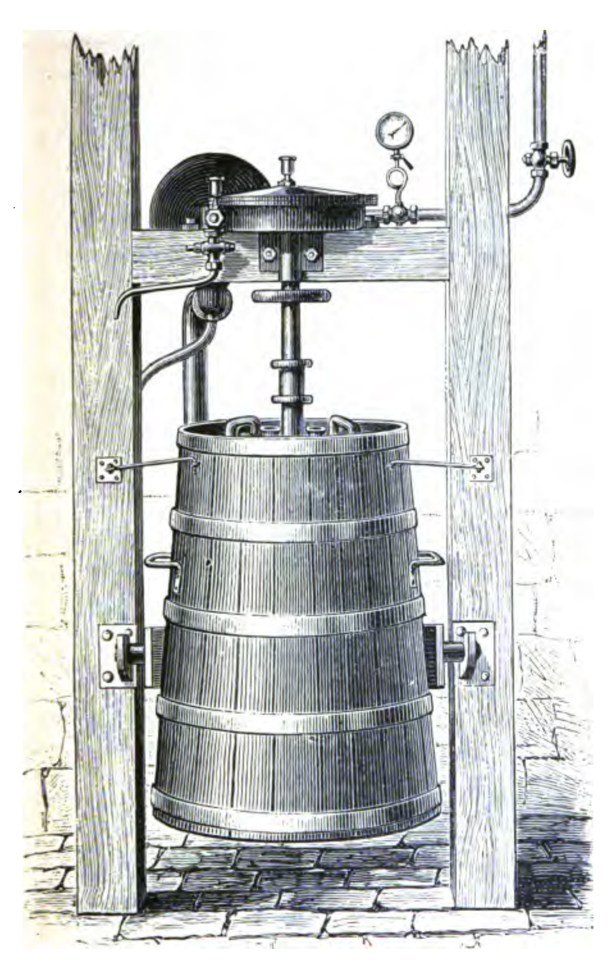


FIG. 70. — BARATTE A VAPEUR ; ÉCHELLE $\frac{1}{20}$.

un des inconvénients de la baratte normande réside peut-être dans une extraction un peu lente du beurre

et un nettoyage un peu plus pénible que dans la baratte danoise; il faut en plus opérer les fermetures et les ouvertures de l'obturateur, mais ce ne sont là au bout du compte que de faibles désavantages, et nous sommes persuadé qu'on retirera autant de profit de l'emploi de la baratte normande que de l'usage de la danoise. Les intéressés choisiront suivant leurs goûts.

Lorsque le barattage est terminé on retire le beurre en le recueillant sur un tamis ou bien on délaite à l'eau dans la baratte. Dans ce dernier cas on commence par faire écouler le lait du beurre et on le remplace par de l'eau pure et glacée; on redonne quelques tours, on fait écouler de nouveau l'eau de lavage et on recommence encore à volonté cette opération. Les effets de ces lavages sont excellents, surtout si l'on a eu la précaution de baratter le beurre en grains assez petits; dans ce cas, le délaitage se commence avec facilité et s'achève complètement. On retire le beurre avec le tamis lorsque les eaux de lavage passent tout à fait limpides.

Dans quelques localités on procède d'une manière inverse : on retire le beurre aussitôt après le barattage et on le projette dans de grands récipients contenant de l'eau glacée. Le beurre surnage et on facilite le délaitage en l'agitant à plusieurs reprises.

Malaxage du beurre. — Après la sortie de la baratte, le beurre bien fabriqué se présente sous la forme de petits grains agglomérés ensemble, mais en serrant dans les vides une assez grande quantité de lait de beurre. Si l'on n'avait pas soin d'expulser ce liquide, le beurre ne tarderait pas à rancir, les micro-organismes trouveraient dans les éléments caséeux un aliment facile et leur développement serait rapide.

Dans les petites installations, on pratique l'expulsion du lait de beurre en pétrissant le beurre dans une écuelle

que l'on incline pour faire écouler le liquide. Ordinairement, c'est à l'aide du dos d'une cuillère de bois que l'on opère la pression, et l'on facilite le délaitage par l'addition d'une petite quantité de sel sec lorsque l'on prépare des beurres salés.

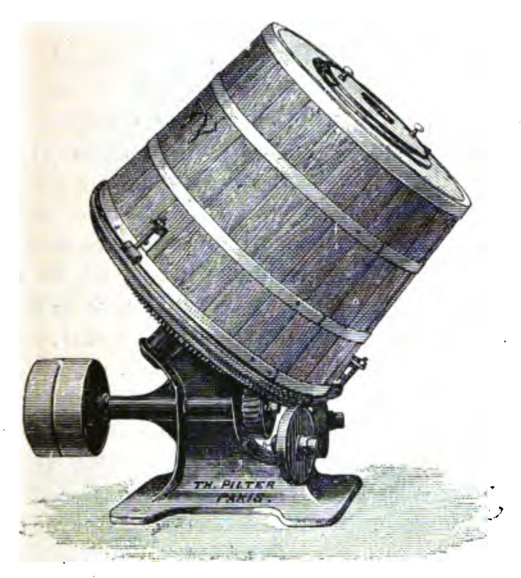


FIG. 71. — BARATTE A TONNEAU MOBILE, SYSTÈME BAQUET; ÉCHELLE $\frac{1}{20}$.

Ce pétrissage se fait en Prusse et en Danemark avec les mains; il est inutile de dire que nous blâmons tout à fait cette pratique défectueuse. A supposer, ce qui est le cas en Danemark, que le beurre soit fabriqué par des femmes dont la tenue et la propreté sont irréprochables, il n'est pas moins vrai que le beurre, cette matière alimentaire au goût fin et délicat, s'est trouvé en contact avec la peau humaine, et que cette manipulation a quel-

que chose de choquant surtout lorsque l'on songe à la consommation du beurre sur la table.

Ce pétrissage à la main doit tendre à disparaître, car il est, à l'heure actuelle, parfaitement établi que le travail mécanique est plus propre, tout aussi efficace, et que, par son application, on ne risque pas d'introduire dans le beurre des germes de fermentation ou accidentellement des substances odorantes ou de goût désagréable.

Les premières portions de liquide emprisonné entre les grains du beurre s'expulsent facilement. Il est très avantageux de s'en débarrasser aussitôt que possible et c'est dans ce but que l'on a établi des délaiteuses mécaniques. L'un de ces appareils le plus répandu, a été imaginé par un habile agriculteur industriel, M. Baquet, auquel nous sommes redevables en France de plusieurs progrès réalisés dans l'industrie laitière et de la vulgarisation de nombre de méthodes utiles.

Délaiteuse centrifuge. — Cet appareil consiste en un tambour métallique que l'on peut animer d'un mouvement de rotation rapide, 6 à 800 tours par minute, autour d'un axe vertical; les parois sont constituées par une toile métallique résistante qui laisse facilement passer l'eau et qui sert d'appui ou de soutien à la toile de coton ou de lin dans laquelle on place le beurre en grain. C'est en somme, comme on le voit, la disposition d'une essoreuse, fig. 72 et 72 *bis*.

Le mouvement est donné soit à bras, soit à moteur; ce dernier mode d'action est évidemment préférable et au surplus la délaiteuse n'est guère employée que dans les laiteries d'une certaine importance qui possèdent alors une force motrice pour les écrémeuses.

Mode d'emploi. — Pour que le délaitage se fasse convenablement, il faut que la crème soit barattée à 12 ou

13 degrés au plus, en été, et 15 degrés en hiver, et que le barattage soit bien complet, c'est-à-dire que la séparation entre le petit lait et les grains du beurre soit bien accentuée. Ceux-ci doivent avoir la dimension de grains de petit blé. Le beurre pris trop fin se délaite moins bien.

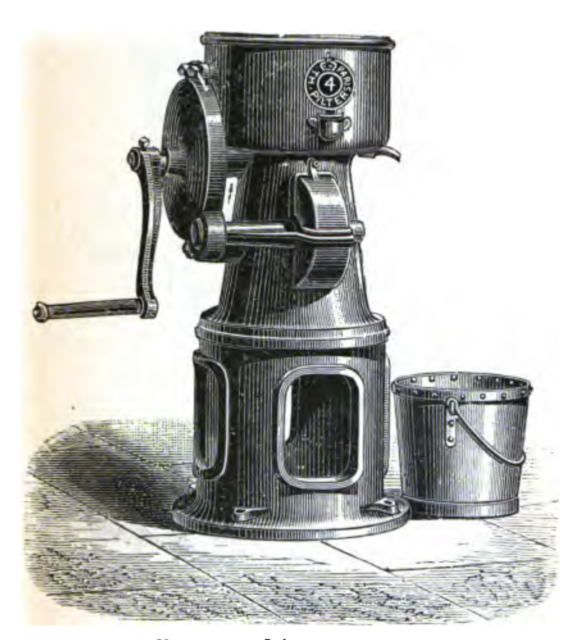


Fig. 72. — Délaiteuse a bras.

Pour éviter d'introduire inutilement du lait dans la délaiteuse, on enlève le beurre de la baratte au moyen d'un petit tamis et on le secoue légèrement avant de le mettre dans les sacs que l'on a eu soin de tremper préalablement dans l'eau froide.

Les cercles porte-sacs sont faits d'un large fer cornière, ouvert à angle droit; il faut qu'un des côtés de ce fer,

étant à plat, affleure le bord supérieur du cylindre de la délaiteuse. De cette façon le bord du sac recouvre entièrement le côté à plat du cercle pour retomber dans le cylindre, et, lorsqu'on vide le sac, il ne reste rien

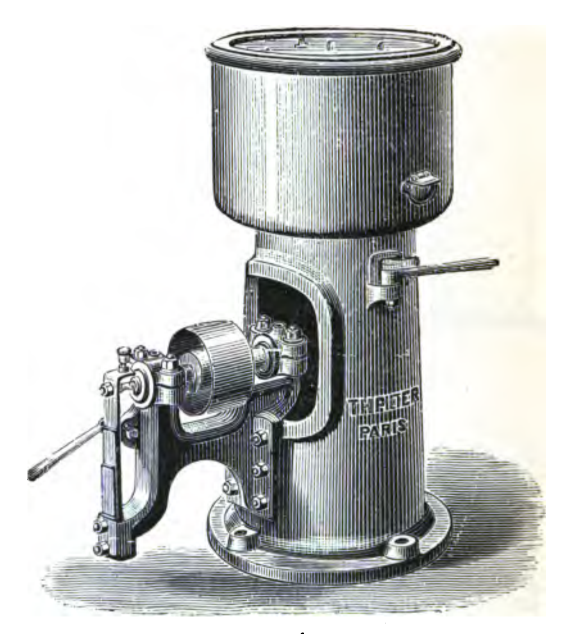


FIG 72 *bis*. — ÉCHELLE $\frac{1}{20}$.

autour du cercle qui se trouve entièrement enveloppé.

Au début de la mise en marche, il convient de tourner lentement afin d'éviter les projections de beurre et de lait. Lorsque la masse entière est bien répartie autour du cylindre, on peut donner la pleine vitesse de 800 tours environ à la minute, qui ne doit pas être dépassée.

Après trois ou quatre minutes, il ne sort plus de lait;

on arrête alors en débrayant et agissant ensuite sur le levier du frein.

On enlève le sac pour le porter sur le malaxeur ou on le vide en le mettant à l'envers. Il faut, dans cette opération, éviter de froisser le sac, principalement sur son pourtour, car cela ferait adhérer le beurre aux parois. Le sac vide, on le retourne à l'endroit en le ramenant au travers du cercle, puis on le plonge dans l'eau froide avant de le remplir de nouveau. Si quelques parcelles de

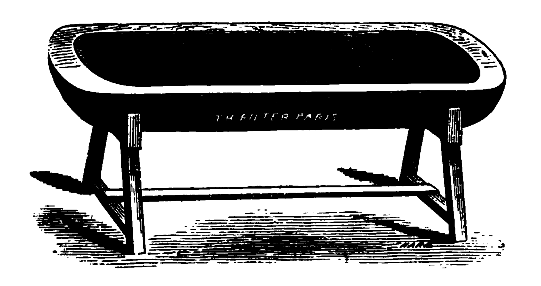


FIG. 73. — AUGE A BEURRE.

beurre y sont restées attachées, elles s'en détachent par cette immersion.

Pour nettoyer la délaiteuse, on la fait tourner comme pour le travail et on lance à l'intérieur du cylindre de l'eau bouillante par petites quantités à la fois.

En agissant ainsi après chaque opération, le nettoyage général peut n'être fait que tous les deux ou trois mois; pour faire le grand nettoyage, il faut démonter complètement l'appareil.

Le démontage se fait de la manière suivante :

1° Engager un cercle à sa place dans le cylindre comme pour le travail.

2° Éloigner le plus possible le grand cône de friction du petit cône.

3° Démonter le ressort-frein.

4° Dévisser l'écrou de la base de l'arbre du cylindre au moyen d'une clef qu'on tient fortement, tandis qu'un aide fait tourner le cylindre qu'il saisit par le cercle.

5° Faire tomber le petit cône de friction à l'aide d'un morceau de bois sur lequel on frappe.

6° Dévisser l'écrou situé au-dessous de la poulie-frein, en opérant comme pour l'écrou de la base de l'arbre.

7° Laisser tomber doucement la poulie-frein.

8° Monter sur le tabouret et enlever verticalement le cylindre en le saisissant par le cercle.

9° Nettoyer toutes les pièces et opérer le remontage dans l'ordre inverse.

Pour opérer le lavage, il suffit de passer deux ou trois eaux sur le beurre, en évitant de tourner la baratte entre chaque eau, de façon à empêcher l'agglomération et à conserver l'état granuleux indispensable au traitement par la délaiteuse.

S'il arrive que, l'été, on n'ait pu baratter à 12 ou 13 degrés, il peut se faire que le beurre ne soit pas suffisamment ferme pour être simplement délaité. Dans ce cas, il faut avoir recours au lavage pour lequel la délaiteuse est encore d'un grand secours, parce qu'elle sert à chasser l'eau retenue entre les grains de beurre, comme elle chasse le petit lait dans le délaitage simple et permet d'éviter ainsi, dans l'opération du lavage, comme dans celle du délaitage, un malaxage trop prolongé, qui est toujours aux dépens de la qualité du beurre. La délaiteuse Pilter est un très bon appareil, et la plupart des grandes laiteries l'ont aujourd'hui adoptée. Pour le premier délaitage on peut avantageusement

aussi employer l'appareil à succion d'Hignette ; nous en parlerons dans l'étude de la fromagerie.

Malaxage proprement dit. — Après un repos plus ou moins prolongé, suivant les saisons, repos pendant lequel le beurre s'est raffermi et a pris du corps, on procède au malaxage proprement dit. Cette opération a

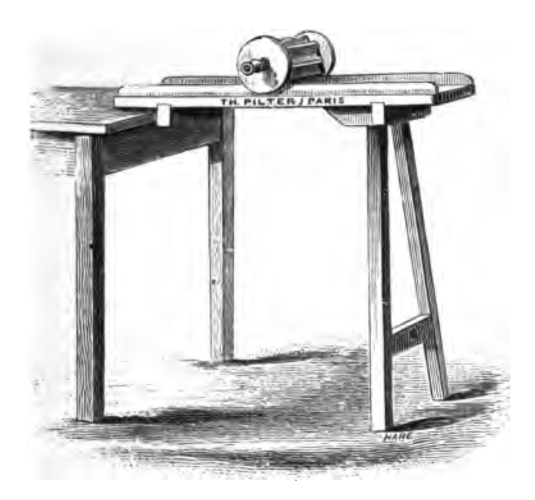


FIG. 74. — MALAXEUR A MAIN ; ÉCHELLE $\frac{1}{10}$.

pour but d'expulser les dernières portions de liquide laiteux.

Les malaxeurs qui servent à la pratiquer consistent en rouleaux cannelés que l'on fait tourner au-dessus du beurre placé sur une table en même temps que l'on exerce sur le rouleau une pression assez énergique.

Le rouleau cannelé étend le beurre et donne ainsi une surface de sortie plus grande, une issue plus facile au babeurre emprisonné.

On construit pour les petites exploitations des malaxeurs manœuvrés à la main par un mouvement alternatif de va-et-vient; la table sur laquelle est placé le beurre est maintenue légèrement inclinée pour favoriser l'écoulement du liquide, et la fermière juge elle-même suivant la couleur et la quantité du liquide expulsé, s'il convient de continuer ou d'arrêter le pétrissage.

Les appareils mécaniques destinés aux laiteries de plus grande importance consistent en principe en une table ronde, façonnée en cône très aplati afin que chaque génératrice soit légèrement inclinée sur l'horizon pour faciliter, grâce à la pente, l'écoulement du liquide extrait par la pression.

La table est animée d'un lent mouvement de rotation autour de l'axe du cône qui est vertical, et au-dessus de la table à une faible distance se meut le rouleau cannelé qui doit effectuer la pression.

Ce rouleau est légèrement conique, son angle au sommet est complémentaire de celui du cône de la table.

Les mouvements de ces deux organes sont combinés de telle sorte qu'un point du cône parcoure le même chemin que le point correspondant de la table. Il importe en tout cas que ces deux vitesses rectilignes soient peu différentes, afin de ne pas être exposé à étirer le beurre et à briser son grain.

Dans tous les malaxeurs le cône et la table se commandent mutuellement par l'intermédiaire d'engrenages; on est certain par cette combinaison de conserver constant et fixe le rapport des deux vitesses.

Les constructeurs se sont efforcés de disposer ces appareils d'une façon assez simple, car le prix en doit rester peu élevé.

Dans le malaxeur de Pilter, la table porte elle-même son engrenage; elle est établie sur un bâti en fonte qui porte des dents engrenant avec le pignon du cône can-

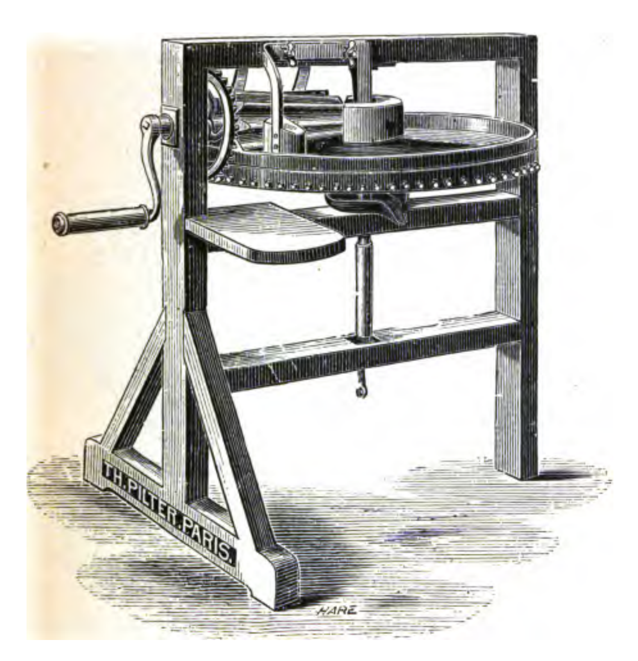


Fig. 75. — Malaxeur Pilter; échelle $\frac{1}{20}$.

nelé; c'est une des combinaisons les plus économiques.

L'appareil prend peu de force et l'engrenage est établi assez solidement pour que la rupture de la couronne soit peu à redouter.

M. Chapellier, dans des malaxeurs dont la construction est des plus soignées, établit la commande de la

table par l'intermédiaire d'une chaîne de Vaucanson. Cette commande assez flexible a permis de disposer d'une façon très simple une vis de réglage au moyen de laquelle on peut monter ou abaisser la table de quelques centimètres au besoin.

On peut donc à volonté faire varier la distance de la table au cône et établir cette distance suivant la quan-

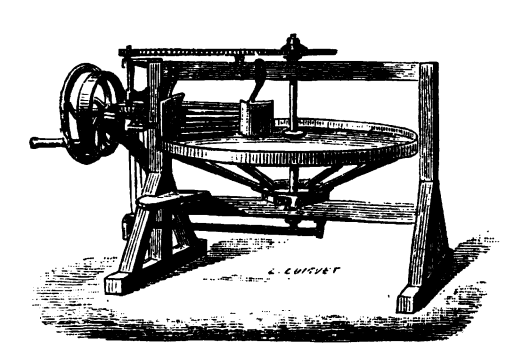


Fig. 76. — Malaxeur Chapellier ; échelle $\frac{1}{20}$.

tité de beurre à travailler ; cet important perfectionnement existe du reste maintenant dans tous les malaxeurs.

MM. Simon et fils, de Cherbourg, commandent la table et le cône par deux engrenages hélicoïdaux dont les axes sont perpendiculaires.

L'un de ces engrenages est fixé sur l'axe de la table et il est entraîné par l'autre engrenage fixé sur l'axe du pignon.

Cette disposition très simple est également bonne dans la pratique : le mécanisme est de faible volume et l'on peut le renfermer dans une petite boîte métallique, de telle sorte que l'on n'a plus aucunement à redouter les

projections d'huile noircie ou de cambouis qui produiraient sur le beurre des taches noirâtres ou des colorations désagréables.

Cônes et rouleaux doivent être pour ces appareils construits avec très grand soin; il ne faut y employer

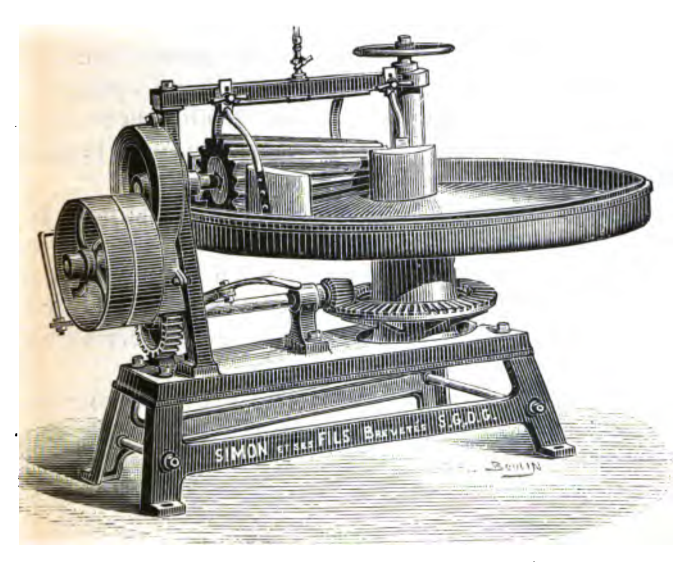


FIG. 77. — GRAND MALAXEUR DE SIMON ET SES FILS; ÉCHELLE $\frac{1}{20}$.

que des bois compacts et de premier choix, tels que le chêne ou le hêtre, depuis longtemps abattus et desséchés, car les moindres jeux qui se produiraient dans les planches de la table laisseraient des intervalles vides qui se rempliraient de lait et seraient ensuite très difficiles à nettoyer et à débarrasser de leur mauvaise odeur. Le malaxeur d'une laiterie doit du reste toujours être entretenu avec le souci de la plus méticuleuse propreté; il faut le

laver avant et après chaque opération, d'abord à l'eau chaude et ensuite à l'eau très froide, et conserver les organes toujours humides et frais.

Le malaxage est par lui-même très simple : un ouvrier armé de spatules surveille l'opération, ramène le beurre sous le rouleau et débraye le mouvement quand le délaitage lui paraît terminé.

Il est très important de ne pas prolonger sans nécessité ce pétrissage mécanique; il résulterait de manipulations trop nombreuses une détérioration sensible du produit.

C'est au moment du malaxage que l'on ajoute le sel et le colorant lorsque ces additions sont utiles.

Le sel employé doit être pur et sec; le sel de mine paraît donner de bons résultats, mais il faut l'obtenir en petits cristaux; on en ajoute de 2 à 6 % en moyenne, quelquefois plus, pour les beurres d'exportation. Sur le marché de Paris, on ne vend guère que des beurres frais, c'est-à-dire entièrement privés de sel.

Colorants. — Les beurres trop blancs ne sont pas acceptés sur certains marchés, et généralement la consommation exige du beurre légèrement coloré. Pour lui donner la couleur normale, jaune bouton d'or clair, on utilise les matières suivantes :

Le rocou, le jus de carotte, le curcuma, le souci, à l'état de pâte, connu sous le nom de merliton, ou à l'état de dissolution dans une lessive caustique.

Chacun de ces colorants a sa valeur particulière.

Le rocou donne une couleur jaune orange; il est extrait du fruit de la « Bixa orellana » qui appartient à la famille des *Bixacées*, très commune dans les régions chaudes de l'Amérique méridionale. Il y a plusieurs manières d'extraire la matière colorante; une des meilleures est celle en usage à Santa-Fé de Bogota.

Elle consiste à frotter fortement la graine dans l'eau ;

la matière colorante se détache facilement, on laisse déposer, on décante, on lave à l'eau fraîche et on obtient ainsi une matière rouge d'assez belle apparence.

Cette substance est insoluble dans l'eau; elle se dissout dans l'alcool et surtout dans l'éther.

Le rocou est aujourd'hui en Amérique traité avec beaucoup de soins et de souci de la propreté; il constitue la matière première de la fabrication de presque tous les colorants du commerce qui pour le beurre sont des dissolutions de teinture de rocou dans l'huile; et pour les fromages des dissolutions aqueuses.

La matière colorante de la carotte est plus stable que celle du rocou, mais elle a une teinte trop rouge; en outre, elle est peu soluble dans les corps gras, et, pour obtenir un effet utile, il faut en employer une grande quantité.

La carotte s'emploie fraîche et râpée, sous forme de jus concentré.

La racine de curcuma donne une matière colorante très soluble dans les corps gras, mais sa couleur est d'un jaune verdâtre qui s'éloigne trop de la couleur du beurre. En outre, elle disparaît facilement à la lumière.

Le souci, *Calendula officinalis*, contient dans ses fleurs une matière colorante très soluble dans les corps gras, auxquels elle donne une couleur jaune d'or qui résiste à l'action des rayons solaires. Cette plante est cultivée principalement dans les environs de Gournay (Seine-Inférieure) dans les jardins ou en pleine terre; la récolte se fait de juillet à septembre.

Pour bien comprendre les opérations auxquelles on soumet le souci pour le transformer en produit commercial, il est important de connaître la disposition de ses pétales.

Ces pétales sont formés du tissu extérieur, véritable sac dans lequel se trouvent disposées des cellules oblongues, juxtaposées bout à bout. Les cellules sont composées d'une tunique membraneuse remplie de granules jaunes, qui constituent la matière colorante pure. Cette matière colorante est donc protégée contre l'action des agents extérieurs par deux membranes qui sont imperméables et paraissent assez résistantes.

On enlève les pétales que l'on dispose dans un vase en grès par lits séparés par une couche de sel. Lorsque le vase est plein, on tasse. Sous l'influence de l'eau des pétales, le sel se dissout. La matière colorante forme alors une pâte qui a reçu le nom de merliton. Il suffit de délayer cette pâte dans la crème pour obtenir la belle couleur jaune d'or si recherchée.

Le merliton est une des bonnes couleurs à employer pour le beurre, au double point de vue de la nuance et de la solidité, mais il présente plusieurs inconvénients. Sa préparation, pour être complète, demande un temps très long; son prix est élevé, 10 francs le kilo, et son goût n'est pas toujours franc.

On peut aussi obtenir la matière colorante par la dessiccation de la fleur au soleil ou à la chaleur du four. La fleur, ainsi préparée, se brise facilement et peut se conserver sans altération dans les vases fermés.

Sous l'influence de la dessiccation, l'eau disparaît; les membranes protectrices se dessèchent, s'ouvrent et se réduisent en poudre. La matière colorante, mise en liberté, est accessible aux corps gras qui la dissolvent facilement.

En général nous ne conseillons pas aux industriels de faire eux-mêmes ces préparations; il convient de les laisser aux hommes spéciaux, et l'on trouve dans le commerce des colorants bien mieux fabriqués que ceux que

l'on pourrait faire dans la laiterie. Les Danois excellent dans la préparation des colorants, et les marques danoises sont particulièrement à recommander.

Nous pouvons maintenant résumer en quelques lignes toutes les opérations et les règles d'une bonne fabrication de beurre.

I. Préparation de la crème au moyen des centrifuges, écrémer à basse température.

II. Laisser légèrement aigrir la crème en surveillant attentivement les modifications qui se produisent, afin de ne pas pousser trop loin l'acidification.

III. Baratter à aussi basse température que possible, de telle sorte que le barattage dure de 30 à 45 minutes.

IV. Délaiter dans la baratte à l'eau glacée.

V. Passer le beurre à la délaiteuse centrifuge.

VI. Le laisser se raffermir et prendre du corps, puis le malaxer en le colorant s'il y a lieu.

Ces opérations paraissent longues et déjà plusieurs constructeurs se sont préoccupés de les abréger. Quelques tentatives ont été faites dans le but de retirer directement le beurre du lait, c'est-à-dire d'écrémer le lait et de baratter immédiatement après.

Les deux appareils les plus intéressants dans cet ordre d'idées sont l'extracteur de Johanson et la baratte-continue de Laval.

L'extracteur Johanson. — L'extracteur Johanson comprend une écrémeuse et une baratte réunies; le lait est écrémé d'abord; il est ensuite immédiatement baratté dans l'appareil même; les deux opérations sont pour ainsi dire simultanées.

La figure ci-jointe facilitera notre description.

L'extracteur reçoit le lait, au moyen d'un tuyau d'introduction, dans le récipient L, d'où il passe à travers

plusieurs tubes pour être distribué uniformément dans le tambour mobile A, par les orifices *a*, *a*, ménagés dans son bord extérieur; le lait descend graduellement

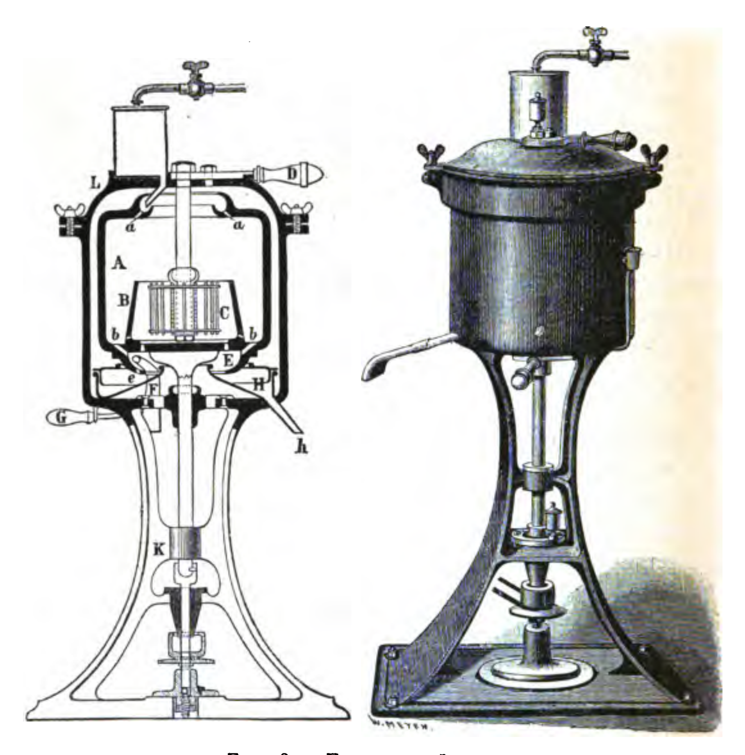


Fig. 78. — Extracteur Johanson.

le long de la paroi intérieure du tambour et, comme il se trouve soumis à l'action de la force centrifuge, les globules de beurre spécifiquement plus légers, sont graduellement entraînés vers le centre et refoulés contre

la paroi B du tambour intérieur. La disposition de ce tambour est telle que la partie la meilleure et la plus riche du lait n'a pas besoin d'être toute refoulée au centre pour pouvoir s'épancher par son bord extérieur; elle n'y arrive que partiellement pour être soumise au contact de la roue tournante G. Ce trait distinctif de la machine assure la complète extraction de la matière grasse à une température de 16°, qui est la plus favorable à la bonne réussite de l'opération.

Un extracteur traitant 1,500 litres de lait en vue de la production du beurre pourrait écrémer, en temps égal 1,750 litres, s'il était construit comme un séparateur.

Dans l'extracteur, les parties de lait introduites dans le tambour B forment presque une masse solide de globules de beurre, mais entre chacun d'eux se trouve interposée une mince couche de lait qui les empêche de s'agglomérer en une masse compacte.

La force centrifuge n'est pas suffisante pour expulser le lait ainsi retenu. La turbine a précisément pour fonction de mettre en mouvement les globules de matière grasse, de les séparer pour en hâter l'agglomération et permettre à la force centrifuge de rejeter le lait interposé.

Les particules de beurre, libres de leur enveloppe de lait adhérent, commencent à se réunir en masse et forment des grains qui, de leur propre poids, tombent dans la chambre E.

Par ce procédé, il est clair que la formation de beurre ne peut avoir lieu qu'après l'élimination complète du lait; par conséquent le beurre obtenu au moyen de l'extracteur ne contient pour ainsi dire plus de lait.

Le beurre, après être entré et avoir circulé dans la chambre E, en sort par le tube F, à l'état de granules très fins. Le lait écrémé est expulsé par l'orifice H.

Par une disposition très ingénieuse quelques portions de lait écrémé pénètrent dans la chambre E, pour la lubrifier en même temps que le tuyau à beurre; de cette façon le beurre sort plus aisément de l'appareil.

On doit introduire le lait quand l'appareil a atteint la vitesse de 5,500 à 6,000 tours à la minute.

A ce moment l'opérateur, en tournant le levier D, communique le mouvement rotatif de la roue tournante C dans la masse évoluant dans le tambour B.

En même temps le beurre commence à se former, et le mécanicien, en soulevant la poignée G, place le tuyau F dans la position voulue pour l'expulsion du beurre au dehors. L'ensemble de l'opération ne demande jamais plus de quelques secondes. Les poignées D et G. sont fixées à leurs leviers respectifs avec un écrou et peuvent être vissées fortement aussitôt qu'elles sont en position.

On peut alors abandonner l'extracteur à lui-même, et on voit sortir régulièrement de beau beurre en grains bien fermes.

Un extracteur de la dimension de celui dont nous donnons la figure au dixième peut traiter environ 1,500 litres de lait à l'heure, et donne en moyenne 500 grammes de beurre par minute.

Il demande une force de 3/4 à 1 cheval-vapeur pour marcher à pleine vitesse. Une laiterie pourvue d'une machine de 20 chevaux pourrait actionner 12 extracteurs, et, du reste, ils ne sont pas tous mis en mouvement au même moment.

Traitement du beurre. — Si le lait est introduit dans l'extracteur à la température de 15 à 16°, le lait écrémé atteindra 17 à 18°, et le beurre 19 à 20 degrés. Il faut, en conséquence, refroidir le beurre après qu'il a été extrait, ce qui peut se faire facilement au moyen

d'eau froide. Ensuite, un bon lavage suffit, le beurre ne contenant plus aucune particule de lait. Il ne reste plus alors qu'à le travailler et à le saler, comme d'habitude.

Si on traite du lait frais, le beurre naturellement sera pur et exempt de tous germes de fermentation ; il possédera toutes les qualités requises pour une bonne conservation. Avec ce procédé de fabrication, le produit ne contient aucune des particules de lait qui détériorent si promptement le beurre mal délaité.

Le beurre contient parfois une certaine proportion de caséine qui, on le sait, provoque rapidement le rancissement du produit.

Le beurre provenant de l'extracteur est presque entièrement dépourvu de caséine ; d'après les analyses qui en ont été faites, il n'en contient que de 1 1/2 à 1 3/4 pour cent.

Le fait s'explique de la manière suivante : la caséine adhère aux globules de beurre en suspension dans le lait. Dans leur mouvement rapide de rotation, ces globules sont mis en contact avec les barreaux de la turbine et le caséum s'en trouve détaché et rejeté avec le lait écrémé. D'autre part le lait écrémé contient une forte proportion de caséine, ce qui lui donne de la valeur pour la fabrication des fromages.

Veut-on avoir du beurre acidifié?

On le peut de deux manières.

1° En immergeant le beurre frais sortant de la machine, dans du lait sur, en l'y laissant séjourner de 20 à 45 minutes, en le lavant et en le salant comme d'habitude après l'avoir retiré.

2° En alimentant l'extracteur avec du lait aigri, le beurre produit est acide.

Quant à la coloration du beurre elle peut se faire

dans l'extracteur par l'emploi de toute espèce de colorant liquide; il suffit de mélanger celui-ci au lait avant son introduction dans l'appareil.

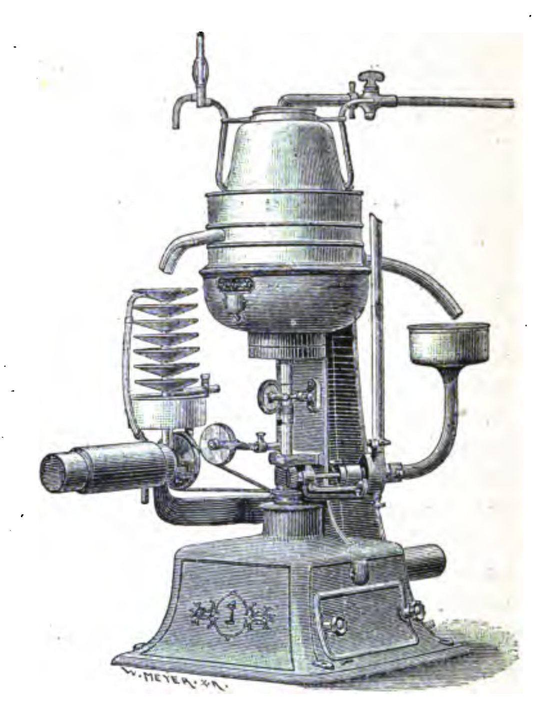


FIG. 79. — BARATTE CONTINUE DE LAVAL.

Baratte continue de Laval. — Cette baratte consiste en un petit cylindre métallique de 6 centimètres de diamètre environ, ouvert aux deux bouts et fixé horizontalement. A l'intérieur se meuvent des ailettes qui tournent avec une très grande rapidité autour d'un axe horizontal; la crème sortant du séparateur entre

d'une manière continue à une des extrémités; le beurre est fait instantanément et sort par l'autre bout.

La baratte est montée sur un socle en fonte fixé au bâti du séparateur. Quand le séparateur a atteint sa complète vitesse de 7,000 tours, le batteur dans la baratte fait 3,300 tours à la minute. Ces deux vitesses sont proportionnelles, car la baratte est ordinairement reliée à la turbine; il faut dans ce cas une pression de 3 atmosphères au moins pour mettre en mouvement, et la température est régularisée au moyen du robinet du réchauffeur placé à l'un des côtés de la baratte. Par le barattage, la température du lait est un peu plus élevée que celle de la crème, soit 13° environ, mais elle n'excède jamais 15°. Le beurre sort bien granulé, mélangé avec le lait de beurre. Lorsque le réservoir dans lequel le beurre s'accumule est plein, on le change et on en accroche un autre.

L'extracteur et la baratte-continue sont d'excellents outils au point de vue mécanique, mais jusqu'à présent on n'est pas encore bien fixé sur leur valeur industrielle. La crème ainsi barattée immédiatement après l'extraction donne un beurre sans arome, et d'autre part ces machines sont d'un prix élevé; leur maniement reste assez difficile, car on doit pour la réussite observer avec très grand soin les températures que les constructeurs indiquent. La baratte-continue présente l'avantage de pouvoir fonctionner à une température différente de celle de l'écrémage, et même à la rigueur de baratter des crèmes depuis longtemps préparées; le beurre est dans ce cas de qualité bien meilleure. Il ne faut pas s'effrayer du nombre énorme de révolutions du batteur, car la vitesse linéaire n'est pas très différente de celle du batteur d'une baratte danoise : on a d'une part un rayon de 40 centimètres, par exemple, pour 150 tours, alors que le

petit batteur n'a que 2,5 et 3^{cm} pour 3,300 révolutions.

Qualités du beurre. — Le beurre fabriqué par l'une ou l'autre de ces méthodes se présente sous forme d'une matière grasse, homogène, d'une belle et appétissante couleur, d'un goût fin, délicat et onctueux. Sa saveur dépend du lait et des pâturages, certaines contrées sont renommées pour la qualité de leurs produits. Il semble en général que les meilleurs crus soient fournis par les pâturages des terrains granitiques, primaires ou secondaires. Les beurres si renommés des environs d'Isigny proviennent de terrains jurassiques, bajociens et bathoniens, puis de terrains permiens et cambriens; les prairies de Gournay et du pays de Bray en général sont sur le crétacé supérieur et inférieur avec des lambeaux de tithonique. Ce sont ces terrains crétacés que l'on retrouve dans les Charentes, terrains calcaires dans lesquels le phylloxéra n'avait pu être combattu avec succès et qui sont aujourd'hui en herbages.

Dans les environs de Rennes on trouve du cambrien et des lambeaux de pliocène; le silurien apparaît largement développé au sud et au sud-ouest; et il est connu de tout le monde que parmi les beurres si renommés de la contrée dite de la Prevalaye, les meilleurs et de beaucoup sont ceux des cambriens et siluriens.

Le sud du Finistère est composé d'une suite de bandes presque parallèlement orientées de granites, microgranulites, de leptynites et de porphyres, et enfin de schistes chloriteux et de micaschistes; les beurres de ces contrées sont délicieux; il en est de même de ceux des environs de Morlaix et de Lannion qui proviennent de sols analogues.

Ces terrains primitifs se retrouvent au sud de la Loire, mais avec une race de vaches qui est loin de valoir la petite race de Bretagne.

Cependant les produits de la Vendée ont encore beaucoup de réputation, surtout ceux que fournissent les terrains cambriens, le lias et le jurassique inférieur.

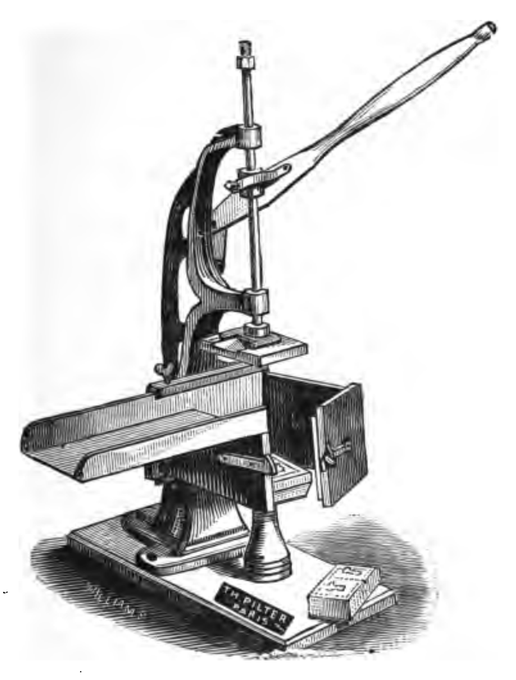


FIG. 80. — MOULE A BEURRE; ÉCHELLE $\frac{1}{10}$.

Dans le Limousin, où réapparaissent les granites, dans la Creuse, on fabrique encore des beurres de bonne qualité, mais la valeur des produits baisse d'une manière sensible lorsqu'on s'approche des terrains éruptifs modernes du plateau central.

Dans l'Est on retrouve encore de bons produits dans les terrains secondaires du Doubs, du Jura, de l'Isère, puis dans les grands affleurements jurassiques qui dessinent notre frontière depuis Chaumont jusqu'au nord-est de Mézières.

Dans le Nord et les Flandres, il existe d'assez bons beurres sur le crétacé, l'éocène et le quaternaire, mais les qualités ne sont pas à comparer avec celles des crus dont nous parlions. Les beurres de Seine-et-Marne et du Loiret ne jouissent pas d'une très grande réputation; ils proviennent de terrains éocène, miocène, pliocène et quaternaire dans les alluvions de la Loire; la Beauce, ce fertile pays de blé, ne fournit aussi que des produits laitiers de qualité assez médiocre, c'est de l'oligocène. De semblables faits se constatent dans les régions laitières de l'étranger. En Angleterre, le devonien porte les pâturages du Devonshire et du Munster en Irlande; en Belgique, le jurassique s'étend dans le pays Wallon.

Le Danemark est constitué en grande partie par du crétacé et tertiaire inférieur.

La Suède et la Norvège comprennent des terrains primitifs et la Finlande des terrains primaires.

Le jurassique s'étend en Hongrie, en Autriche et dans le sud de la Bavière, dans les pays justement renommés pour la qualité de leurs produits.

En Hollande, les prairies sont établies au-dessus des tourbières et des sables, dans des terrains modernes ou quaternaires.

Emballages et expédition. — Nous avons peu de choses à dire des emballages du beurre dont la composition et la forme varient suivant les localités

Les seules règles à suivre sont de n'expédier les beurres que lorsqu'ils ont pris une consistance suffi-

sante après un délaitage complet. Ordinairement on enveloppe les pains montés à la main ou à la machine dans des linges secs de toile lessivée ou de calicot. On emballe ensuite dans des paniers d'osiers, dans des boîtes de bois ou dans de petits tonneaux pour l'exportation.

Les producteurs agiraient souvent prudemment en clôturant avec soin leurs emballages et même en cousant le beurre dans les paniers; les fraudes sont bien souvent commises entre les réexpéditions successives.

CHAPITRE IV

ALTÉRATIONS DU BEURRE

Le beurre si doux au moment de sa préparation s'altère avec le temps et prend un goût de plus en plus désagréable, avec une mauvaise odeur qui peut devenir repoussante et qui s'exalte lors de l'emploi dans la cuisine. On dit alors qu'il rancit. L'emploi du sel qui facilite le délaitage retarde cette altération, mais ne l'empêche pas complètement. On a proposé à plusieurs reprises différents moyens de conservation du beurre, soit par des antiseptiques tels que le borax, l'acide salycilique et le nitre dont on masque le goût par du sucre, soit en plaçant le beurre dans des vases dans lesquels on a fait le vide ou que l'on a remplis avec de l'acide carbonique. Le beurre recouvert de saumure et placé dans des vases hermétiquement clos se conserve assez longtemps sans altération; mais jusqu'à présent, il n'existe pas à notre connaissance de moyens réellement pratiques de longue conservation, car l'emploi de l'acide salycilique est interdit.

Les beurres rances ne sont définitivement perdus que si la décomposition est déjà profonde. Si elle commence seulement, il est possible, dans une certaine mesure, de régénérer les beurres altérés par un lavage à l'eau rendue

alcaline par le carbonate de soude ou le sulfite de chaux; on lave ensuite à l'eau pure, on baratte, ou mieux on malaxe la masse avec du lait, et on délaite ensuite comme à l'ordinaire.

On a conseillé aussi de baratter immédiatement avec de la crème ou du babeurre.

Il est évident que l'on n'obtient jamais par ces manipulations du beurre de très bonne qualité.

Les effets du rancissement sont de rendre le beurre acide, c'est pourquoi des substances alcalines peuvent être utilement employées pour la conservation. Le beurre blanchit ou se marbre de colorations diverses; il absorbe de l'oxygène. Nous avons essayé si l'altération se produisait sous la seule influence de l'oxygène, en faisant passer un courant de ce gaz sur du beurre ou des matières grasses maintenues à l'état de fusion à 40° ou 50°.

L'expérience montre que la matière blanchit, mais que l'absorption d'oxygène reste toujours très faible, quelques centièmes au plus.

Ces conditions de notre expérience ne se rencontrent du reste pas dans la pratique industrielle.

M. Duclaux a étudié cette action de l'oxygène sur les beurres dans des conditions que nous pourrions qualifier de plus pratiques; il s'est préoccupé de rechercher l'action de l'air atmosphérique sur les beurres, principalement lorsque ceux-ci sont exposés à la lumière.

D'après les procédés d'analyse et de calcul des acides gras volatils, ce savant a tout d'abord établi que la proportion de ces acides n'était pas la même dans tous les beurres et que, de plus, le rapport du nombre des molécules d'un des acides, l'acide butyrique au nombre des molécules d'un autre acide, l'acide caproïque, était variable et presque caractéristique du beurre d'une con-

trée. Ce rapport est en moyenne de 2 environ, mais il varie entre 1, 5 et 3, et il suffit, dans la pratique, de considérer ces deux seuls acides qui sont les plus importants parmi les composés volatils.

Lorsque les beurres sont exposés à l'air sans précaution ils rancissent, ils acquièrent une odeur désagréable, un goût fort, et l'observation prouve que le beurre est devenu acide par suite de production et de développement de l'acide butyrique. Il paraît bien établi que l'air, la lumière et peut-être aussi les microbes concourent à cette transformation, car on peut conserver du beurre pendant un temps assez long, en le fondant sous une couche d'eau, en le plaçant dans des boîtes hermétiquement closes, ou encore dans des boîtes dans lesquelles on a fait le vide ou introduit de l'acide carbonique.

Le sel contribue puissamment à cette conservation, il diminue la quantité d'eau normalement contenue dans le beurre, et c'est peut-être cette action qui rend les transformations plus lentes, car les altérations paraissent toujours d'autant plus rapides que les beurres sont plus mouillés.

Ainsi donc l'oxygène intervient dans le phénomène et il se produit des acides libres. Il était intéressant de rechercher la provenance de ces substances; étaient-elles formées d'après une saponification des acides gras fixes ou avaient-elles pris naissance par un dédoublement des acides volatils? Pour savoir s'il y a des acides gras fixes libres, on peut employer la méthode de Payen qui consiste à mettre en contact le corps gras à examiner avec de l'éther, tenant en suspension de la chaux éteinte. On agite fréquemment pendant un ou deux jours, puis on filtre, le savon calcaire est retenu et il ne reste plus qu'à le décomposer par l'acide chlorhydrique pour isoler les acides gras. Cette méthode ne s'applique pas à la re

cherche des acides volatils de la série grasse, parce que leurs sels de chaux peuvent être un peu solubles et être dès lors entraînés en plus ou moins grande proportion dans les eaux de lavage.

Quoi qu'il en soit, on peut constater que ces sels existent par une opération préalable : il suffit de peser le résultat de l'évaporation du mélange d'éther, avant et après son action ; on s'assure de cette façon que dans cette transformation du beurre, les corps gras fixes restent intacts ou à peu près ; la saponification se porte sur les glycérides à acides odorants. Lorsque les acides correspondants sont mis en liberté, ils s'évaporent et M. Duclaux a constaté leur diminution dans des crèmes exposées à l'air et au soleil. Mais, dit M. Duclaux, si une saponification a pu se produire, il a dû apparaître de la glycérine libre, et dès lors comme ce corps est soluble dans l'alcool la solubilité générale du beurre altéré doit augmenter.

En opérant d'abord sur du beurre pur et normal, on constate que l'alcool agissant sur le beurre en grand excès pour que les matières ne soient pas transformées, dissout d'autant plus de substance qu'il est plus concentré ; la variation est même rapide, car l'alcool absolu dissout 6,54 de matière alors que l'alcool à 92° n'en dissout plus que 0,53 et l'on peut presque dire pratiquement que le beurre est insoluble dans l'alcool à 60°. Mais si l'on étudie la matière dissoute, on voit que à mesure que l'alcool est plus dilué, il dissout autrement ; la proportion des acides volatils dans la dissolution va en augmentant avec la diminution de degré d'alcool.

Dans de l'alcool à 80° il ne se dissout guère que de la butyrine.

C'est en utilisant ces remarques que M. Duclaux a pu étudier l'action de la lumière et de l'oxygène sur

des beurres purs ou additionnés de corps basiques pouvant absorber les acides formés : on a trouvé que la proportion des acides formés était plus grande en présence de la magnésie et du carbonate d'ammoniaque.

Il se produit un acide nouveau dans cette transformation, l'acide formique, qui doit contribuer sans aucun doute à donner le goût fort caractéristique des beurres rances, et M. Duclaux pense que cet acide provient d'une réduction des glycérides à acides fixes qui, dans ce cas, devrait se traduire par une apparition d'acide carbonique et d'eau.

Il se peut également que la chute de chaleur n'aboutisse pas à l'acide carbonique et que de l'acide formique apparaisse par décomposition de la glycérine mise en liberté.

Enfin, en étudiant l'action simultanée de tous les agents, M. Duclaux a pu constater la formation d'un composé oxygéné de l'acide oléique, l'acide oxyoléique.

Cet acide plus énergique que les acides gras se combine facilement avec l'ammoniaque de l'air, et les composés formés ont une teinte noirâtre. Peut-être sont-ce ces corps oxydés qui prennent naissance dans les fromages vieillis et exposés à l'air.

En résumé, l'action des agents atmosphériques de la lumière et de l'oxygène se traduit par une saponification partielle et une oxydation qui peut aller jusqu'à l'acide carbonique, mais qui fournit aussi un grand nombre de produits intermédiaires parmi lesquels se trouve l'acide formique.

Il serait curieux, au point de vue physiologique, de savoir si des transformations analogues ne se passent pas dans les phénomènes naturels. A l'air et au soleil, il y a décomposition de la matière grasse et abaissement des équivalents par oxydation, c'est un

phénomène analogue qui paraît se passer par un mécanisme encore inconnu dans les mamelles de la vache : La graisse de l'animal est un mélange de glycérides stéarique et oléique principalement, alors que dans le beurre on voit prédominer les glycérides oléique et palmitique et apparaître d'autres glycérides nouvelles dont l'atome est beaucoup moins condensé, glycérides à acide volatil qui n'existaient pour ainsi dire pas dans la graisse.

L'action des microbes sur le beurre est encore d'un ordre analogue, elle vient s'ajouter dans le rancissement des beurres à celle de la lumière et du soleil; de plus, elle est dans la pratique ordinaire singulièrement facilitée par l'action des organismes sur la caséine.

Celle-ci se transforme en effet assez facilement en ammoniaque, c'est sa dernière chute de chaleur ; ce produit se trouve tout à propos pour la saturation des acides et par conséquent favorise leur développement.

On a signalé un microbe particulier, l'*Oleorum microclodus*, qui produirait cette oxydation. Ce petit organisme a la forme d'une branche portant deux fruits ou quelquefois trois, et il se développe spontanément et assez vite surtout dans les graisses légèrement chauffées. Le beurre demeure du reste à peu près inaltéré aux basses températures, et cette conservation est si bonne que sur les conseils justifiés par les expériences du Dr Fjord, les Danois expédient maintenant leurs beurres dans des bateaux frigorifiques.

Beurre fondu. — On conserve assez bien le beurre en le fondant ; la fusion le débarrasse de la partie aqueuse qui est certainement la première cause des altérations.

Pour préparer convenablement le beurre fondu on emploie de préférence un vase de fer émaillé dans lequel

on fond le beurre pour le laisser ensuite reposer dans un endroit chaud.

Le vase ne doit pas être trop chaud; il faut qu'on puisse maintenir facilement la main à la surface; cette douce chaleur n'a d'autre but que d'empêcher le beurre de se figer pendant 3 ou 4 heures environ; pendant ce temps le beurre est conservé dans un vase fermé.

On enlève à deux ou trois reprises, avec le manche d'une cuillère, l'écume qui se détache comme la pellicule qui se forme sur le lait chaud, et on abandonne le vase, sans le remuer, autant que possible, dans un endroit frais; le beurre se fige.

On doit éviter avec grand soin tout mouvement qui tendrait à mélanger les couches qui se séparent lentement par ordre de densités, et au bout de trois heures le beurre clair repose sur une couche qui renferme les matières étrangères. Le lendemain matin, on pratique avec le manche d'une cuillère de bois deux trous diamétralement opposés, le long des parois du vase et à travers la couche de beurre. L'un de ces trous est moitié plus large que l'autre.

Par le gros trou, on fait écouler la couche liquide de la partie inférieure. Cette matière peut être employée comme nourriture grossière pour remplacer le lait dans la préparation de plats à base de farine. Alors, on fait couler de l'eau à plusieurs reprises sur le gâteau de beurre jusqu'à ce qu'elle sorte bien claire; après trois ou quatre lavages, le résultat est obtenu. Un gâteau de beurre ainsi lavé peut, lorsque l'eau est égouttée, être piloné dans le vase dans lequel on voudra le conserver, mais on fera bien de le réchauffer encore une fois dans la marmite jusqu'à ébullition, parce que sans cela le beurre ne se maintient pas bien.

Lorsque l'on a de grandes quantités de beurre à pu-

rifier ou à fondre, il est préférable de turbiner la matière fondue qui se débarrasse, par la force centrifuge, de l'eau et de toutes les impuretés qu'elle contenait; le beurre deshydraté ainsi obtenu est parfait de goût et se conserve très bien.

Si l'on a employé pour cette préparation, du beurre qui n'est pas tout à fait frais, il est avantageux de faire, pendant la fonte, l'opération suivante : on dissout 60 grammes d'alun dans un litre d'eau tiède et 20 grammes de carbonate de soude cristallisé dans une quantité juste suffisante d'eau chaude; on laisse refroidir les deux dissolutions, puis on verse la solution d'alun dans un flacon d'un litre et la dissolution sodique, lentement, pardessus, pour qu'il ne se produise pas trop de mousse; on complète le litre avec de l'eau.

Les substances doivent être pesées exactement.

Lorsqu'on possède le gâteau rincé comme nous l'avons dit plus haut, on reporte le vase à l'endroit où on a séparé le beurre du lait par la fusion, on fait fondre de nouveau et on ajoute, quand le beurre est bon et frais, pour un kilo de beurre, trois grammes d'alun dissous dans cent grammes d'eau chaude; on remue doucement et on laisse refroidir en repos et séparer l'eau, ce qui arrive au bout de une ou deux heures.

Si le beurre était déjà rance on emploie la dissolution alumineuse basique dont nous avons parlé, dans la proportion de 100 grammes pour un kilo de beurre, et on opère comme nous l'avons dit plus haut. On laisse la séparation se faire, la solidification suit et on lave comme précédemment. On fond le gâteau de beurre à la plaque du foyer dans le vase où il doit rester, puis, quand il est figé, on recouvre d'une feuille de papier d'étain et on ferme le pot avec du papier qu'on ficelle sur le goulot.

Cette préparation dont la description est assez longue

s'effectue très rapidement en pratique; le beurre est propre et conserve son arome; on peut, avec cette dissolution d'alun, régénérer des beurres même déjà visiblement altérés et obtenir un produit parfaitement acceptable par la consommation.

Le beurre fondu n'a plus tout à fait les mêmes propriétés que le beurre naturel : il est dépouillé d'une partie de son eau et ne fait plus alors le même effet dans les préparations de la cuisine. Certains plats ne peuvent plus être préparés avec le beurre fondu, précisément à cause de cette absence de l'eau qui rend le beurre beaucoup plus semblable à une graisse ordinaire; mais la fusion telle que nous venons de la décrire équivaut à une purification, et le beurre se trouve par la suite débarrassé de plusieurs de ses principes fermentescibles et des corps étrangers qu'il pouvait contenir.

On peut au besoin le baratter de nouveau avec du bon lait et de la crême, et le produit obtenu est presque aussi bon que le beurre frais.

Utilisation des résidus. — La fabrication du beurre laisse deux résidus d'importance inégale : l'un est le lait écrémé, l'autre le lait de beurre ou babeurre.

Le lait écrémé représente 80 à 85 ou 86 litres pour cent. C'est un liquide d'aspect un peu verdâtre, plus clair que le lait naturel : il contient presque toute la caséine primitive, le sucre de lait, des sels solubles et une petite quantité de matière grasse; c'est un aliment excellent, d'une digestion facile et que le consommateur cependant n'accepte qu'avec difficulté. D'autre part, dans la crainte de fraudes, la vente de ce lait a été interdite et l'on ne sait alors comment utiliser un produit qui représente à peu près le sixième de son poids de viande au point de vue alimentaire, et qui serait dans tous les cas énormément meilleur marché.

Les laiteries industrielles donneraient volontiers ce lait écrémé pour un ou deux centimes, peut-être 3 au maximum dans des centres de consommation, et un litre de lait à 3 centimes représenterait à peu près 150 grammes de viande à 2 fr. 50, soit 35 à 40 centimes environ.

Or, dans les laiteries, il importe à tout prix de se débarrasser d'un résidu très encombrant et d'une décomposition rapide. La plupart du temps, on l'emploie à la nourriture des porcs auxquels on le distribue jusqu'à raison de 30 à 35 litres par jour. Ce liquide est donné soit seul, soit mélangé à des aliments solides qui viennent abaisser avec profit le taux trop considérable d'humidité.

Dans cette application, il est bon de disposer la porcherie en contre-bas de la laiterie; le lait coule alors par son propre poids dans des tuyaux distributeurs munis de robinets. Le gain dans cette application n'est pas très considérable, car si le porc gagne 500 grammes par jour en moyenne, c'est à peu près 40 centimes, ce qui avec les faux frais, la main-d'œuvre, etc., ne fait ressortir le litre de lait écrémé qu'à un centime environ. C'est un bien faible bénéfice; on ne le dépasse guère dans l'alimentation des veaux avec ce même lait écrémé qui ne constitue pour eux qu'une nourriture assez médiocre exposant à des accidents de maladie ou de mortalité.

Il est facile de voir que ce bénéfice est bien faible et peu en rapport avec la valeur de la matière.

Le lait écrémé contient 4 à 5 % de matière protéique, soit plus d'un demi pour cent d'azote, qui, à 2 francs le kilogr. donne 1 centime pour la valeur du litre de lait; il est assez curieux de constater que l'utilisation du lait en irrigation serait à peu près aussi rémunératrice que l'emploi comme aliment des animaux.

Et en effet le lait est un engrais puissant, on ne peut

même pas sans danger l'employer pur ; il faut l'étendre de beaucoup d'eau et, ainsi dilué, il amène dans les prairies où on le répand une végétation luxuriante.

On a essayé de préparer des fromages maigres avec ce lait si appauvri, mais les produits obtenus sont de médiocre qualité et on ne peut guère les consommer que comme aliments de nécessité et non plus comme dessert. Enfin on a essayé de remonter ce lait en matière grasse : examinons les moyens employés et les conséquences de cette manipulation.

Émulsions. — On nomme émulsion le mélange stable et homogène d'une matière grasse pulvérisée dans un liquide aqueux; la crème, la sauce mayonnaise des cuisiniers sont des émulsions.

Examinées au microscope, les émulsions dans le sens que nous indiquons se présentent sous la forme de très petites sphères baignant dans un liquide. L'émulsion ne se fait pas facilement si le liquide a une tension capillaire très différente de celle du corps gras, mais cependant celui-ci peut être pulvérisé dans le liquide froid. Dans ce cas l'émulsion est encore plus stable, car le corps gras est definitivement immobilisé dans ce liquide à basse température.

Il semble, d'après ce que nous venons de dire, que si la température est élevée, l'émulsion, toutes choses égales d'ailleurs, devra contenir moins de matière grasse et plus de liquide que celle qui est préparée à basse température.

Le beurre, la margarine, préparés à basse température, contiennent de 10 à 15 % d'eau, alors que le beurre, traité par l'eau bouillante, absorbe jusqu'à 26 ou 28 % d'humidité.

Dans ce cas, nous avons affaire à de l'eau emprisonnée dans un corps gras continu; mais si au contraire nous

considérons un corps gras pulvérisé dans un liquide aqueux, l'émulsion sera d'autant plus aqueuse que la température sera plus basse; nous avons déjà fait cette remarque à l'occasion des crèmes Swartz comparées aux crèmes des centrifuges ou de celles qui sont préparées par le procédé du Devon.

En laiterie, ces remarques trouvent d'utiles applications dans la préparation des émulsions de lait écrémé avec une matière grasse qui est alors destinée à remplacer le beurre qui a disparu.

Le mélange intime peut se faire au moyen d'injecteurs fonctionnant sous l'influence d'une forte pression : un des ajutages amène le lait, l'autre la matière grasse; ces appareils ne sont pas encore entrés dans la pratique et l'on préfère préparer les émulsions à l'aide de la force centrifuge.

On peut alors se servir soit de l'écrémeuse de Burmeister et Wain, soit de l'émulseur de Laval.

L'écrémeuse de Burmeister et Wain est parfaitement disposée pour cet usage : on utilise comme tube de sortie le tube à crème et on supprime le tube à lait, en éloignant ce tuyau de la couche cylindrique; on fait arriver dans la turbine du lait chaud jusqu'à ce que la sortie se fasse par le tube à crème; à ce moment on fait écouler dans l'écrémeuse un mince filet de matière grasse qui, par sa densité, vient s'appliquer dans les parties les plus rapprochées de l'axe en formant à l'intérieur du cylindre de lait une pellicule huileuse concentrique dans laquelle puise la lèvre coupante du tube à crème.

Alors lait et matière grasse s'engouffrent simultanément dans ce tuyau avec une grande vitesse; peut-être l'air introduit joue-t-il un rôle dans l'agitation, mais en tout cas l'émulsion est parfaite et permet de réincorpo-

rer au lait une matière grasse qui se comporte alors exactement comme les globules butyreux, même aspect général laiteux du liquide, même écrémage lentement opéré, même disposition ou même structure à l'examen microscopique : on a reconstitué le lait primitif. L'expérience montre que pour réincorporer des quantités de matière grasse variant de 1 à 4 %, il faut régler ainsi les températures :

Huile de lin........	20	Lait écrémé.	20 à 28°.
Oléine, saindoux...	30	—	50 ou plus.
Oléo margarine.....	55	—	60 —

On règle les afflux de lait et de matière grasse dans les proportions que l'on veut obtenir, par exemple 97 de lait, 3 de matière grasse et le débit total d'ensemble correspondant au débit du tube de l'écrémeuse. Il faut bien remarquer que toutes ces émulsions ne sont pas complètement stables, elles ressemblent en cela au lait ordinaire; l'émulsion véritablement stable est la crème; mais dans le cas où l'on a réincorporé de l'huile, cette crème elle-même tend à disparaître; les molécules finissent par se souder les unes aux autres et l'on a, en dernier terme, un liquide surmonté d'une couche d'huile.

Le docteur de Laval a construit un émulseur particulier qui se monte à la place du tambour de son écrémeuse centrifuge. Son appareil consiste en deux bols vissés l'un sur l'autre et laissant entre eux un espace vide dans lequel sont introduits les liquides à mélanger.

Sur la figure ci-contre représentant cet appareil, on aperçoit la vis intérieure du bol du dessous avec l'écrou du bol supérieur en *gg*. On voit que l'on peut rapprocher ces deux bols au contact à volonté; dans la pratique, on ne les serre pas jusqu'à ce point : on place aux deux extré-

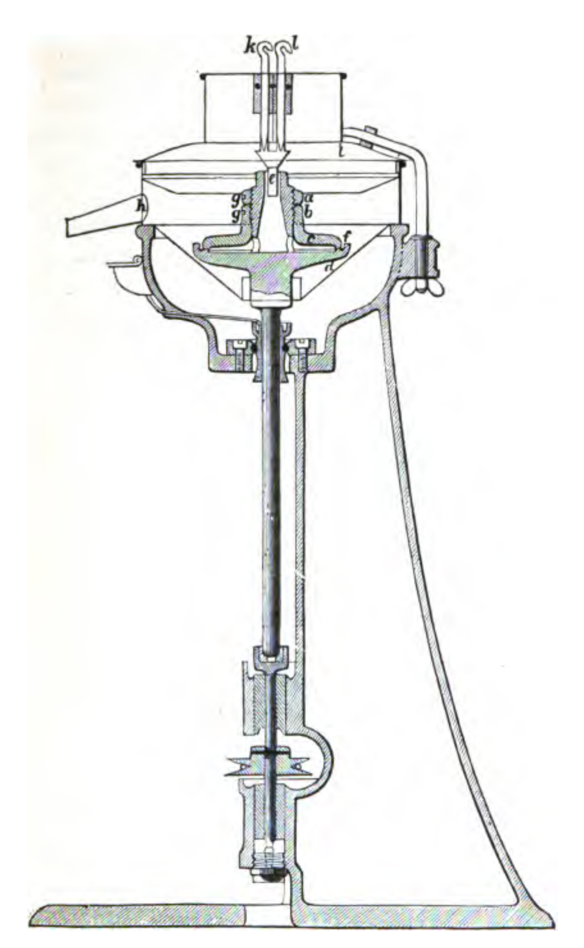


FIG. 81. — ÉMULSEUR DE LAVAL; ÉCHELLE $\frac{1}{80}$.

mités d'un même diamètre deux petits morceaux de papier qui font que les deux bols ou assiettes restent

séparés par une petite fente dont l'épaisseur égale celle de la feuille de papier interposé; c'est par cette ouverture circulaire extrêmement mince que s'écoulent les liquides mélangés. Il est facile de comprendre qu'ils sont laminés dans ce passage et s'écoulent sous l'influence d'une forte pression.

L'émulseur de Laval peut servir à réincorporer dans le lait jusqu'à 25 % de matière grasse, mais l'auteur recommande de faire le mélange à des températures de 75 à 80°.

Nous donnons ci-contre fig. 82 le dispositif d'un émulsateur américain, l'émulsion se fait au moyen d'une brosse tournant rapidement; c'est un peu la brosse à son des minoteries.

Les émulsions de 1 à 2 % sont presque toujours assez chargées en graisse pour servir soit à l'alimentation des veaux, soit à la fabrication du fromage.

Ces préparations peuvent être souvent utiles, mais malheureusement elles ont été le point de départ de nombreuses et déplorables fraudes. Elles ont servi à la fabrication de fromages que l'on a vendus sous de faux titres, et quelques produits autrefois renommés ont subi de ce chef une dépréciation imméritée et regrettable à tous égards. Autrefois dans le commerce on était habitué à acheter des fromages de Hollande dont la qualité était appréciée; aujourd'hui les bons hollandes sont rares et le marché est inondé d'imitations défectueuses dont la réputation tend à faire délaisser ou suspecter les fabrications régulières.

Et en résumé nous pourrons dire que si les émulsions sont faciles à obtenir par l'un ou l'autre des appareils décrits, leur emploi n'est guère à encourager; il n'y aurait qu'un seul cas dans lequel on trouverait une application rationnelle de ces émulsions, ce serait pour

la préparation de fromages à bon marché pour la classe ouvrière ou pauvre. L'aliment que l'on pourrait ainsi préparer serait nutritif, assez agréable et sain, mais malheureusement le peuple n'y est pas habitué dans nos

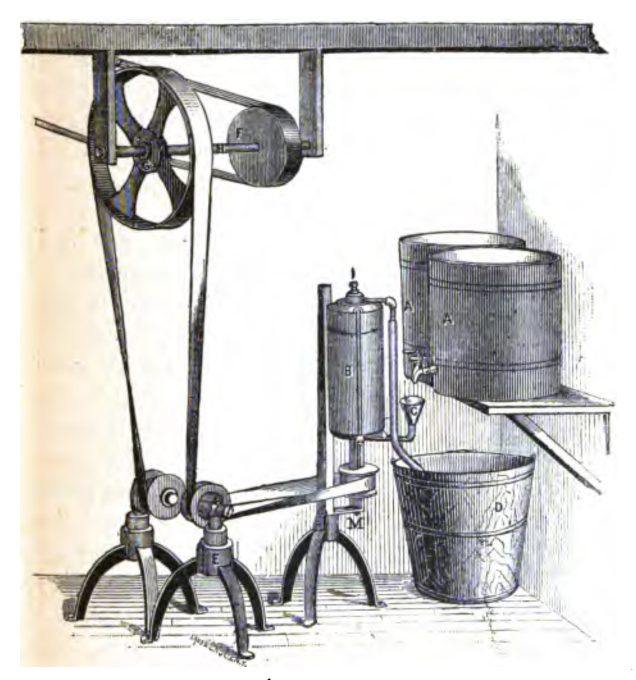


FIG. 82. — ÉMULSATEUR AMÉRICAIN.

contrées et pour le fabricant ce commerce resterait peu rémunérateur.

Cet exposé montre en somme que l'utilisation fructueuse du lait écrémé est encore à trouver, les essais tentés pour l'employer dans la boulangerie n'ont pas donné des résultats très satisfaisants.

CHAPITRE V

INSTALLATION D'UNE BEURRERIE
COMMERCE DES BEURRES

Établissement d'une beurrerie. — *La valeur du lait.* — Dans l'établissement d'une laiterie, la première chose à considérer est le prix de la matière première que l'on va mettre en œuvre : le prix du lait. Il est évident que ce prix peut varier dans de certaines limites suivant la position géographique plus ou moins avantageuse au point de vue du débouché, la qualité de la matière première et l'usage auquel on la destine.

Si, pour fixer les idées, on veut établir une beurrerie, le prix à payer pour le lait dépendra de l'éloignement du point à une gare, de la distance à la grande ville où doit s'écouler la marchandise, et enfin de la teneur en matière grasse.

Le lait que l'on va travailler va être payé un certain prix ; on dépensera une somme d'argent pour la main-d'œuvre et l'on recevra d'une part le prix du beurre et de l'autre le prix du lait écrémé et du lait de beurre; la différence entre le gain et la dépense constituera le bénéfice. Or, ce bénéfice peut être assigné d'avance : il est inutile de monter une industrie qui ne doit pas rapporter, et l'on doit en bonne règle tabler comme point de départ sur un bénéfice légitime.

Supposons-le égal à 1 franc par cent litres de lait.

La valeur du lait écrémé compense dans quelques cas les frais de fabrication; mais quelquefois aussi ces derniers sont plus élevés, selon les prix de la main-d'œuvre et du combustible.

Désignons-les par F, F variant de 1 fr. 75 (1 fr. 50 rarement) jusqu'à 2 francs et 2 fr. 50.

Le lait écrémé rapporte de 1 à 3 centimes le litre, suivant les utilisations possibles. Si on en tire 90 litres avec le lait de beurre, c'est un rapport de 90 centimes à 2 fr. 70, mais en tous cas un chiffre à très peu près constant K.

Prenons K = 1 fr. 80, F = 2 francs.

Le prix du beurre plus K, qui est 1 fr. 80, doit correspondre aux frais de fabrication, 2 francs, plus le bénéfice, 1 franc.

Les cent litres de lait rapporteront le prix du beurre, moins 1 fr. 20.

Or, quelle est cette valeur du beurre? elle est proportionnelle au taux pour cent du beurre extrait du lait et au cours de la marchandise.

Désignons par *b* le taux pour cent, par C le cours à un moment déterminé, le lait rapportera C*b*, moins 1 fr. 20. C'est par des considérations de cet ordre que nous avons établi le tableau suivant page 348, qui peut servir de guide dans un assez grand nombre de circonstances.

Nous disons servir de guide, car l'intéressé peut à volonté modifier nos chiffres suivant les circonstances et faire lui-même un calcul analogue à celui auquel nous nous sommes livrés.

En tout cas, d'après ce système d'achat, l'examen du tableau montre tout d'abord que ni le vendeur ni l'industriel n'ont intérêt à trafiquer sur des laits trop pau-

TABLEAU DES VALEURS DU LAIT

SUIVANT

SA TENEUR EN MATIÈRE GRASSE

Les cent litres.

LE DEGRÉ de MATIÈRE GRASSE en plus vaut	TENEUR EN MATIÈRE GRASSE.					PRIX du BEURRE le kil.
	5 %	4 %	3 %	2 %	1 %	
1 f, 95	6 f, 25	4 f, 30	2 f, 35	0 f, 40	Rien	1 f, 50
2 f, 45	8 f, 75	6 f, 30	3 f, 85	1 f, 40	Rien	2 f, 00
2 f, 95	11 f, 25	8 f, 30	5 f, 35	2 f, 40	Rien	2 f, 50
3 f, 45	13 f, 75	10 f, 30	6 , 85	3 f, 40	Rien	3 f, 00
3 f, 95	16 f, 25	12 f, 30	8 f, 35	4 f, 40	0 f, 45	3 f, 50
4 f, 45	18 f, 75	14 f, 30	9 f, 85	5 f, 40	0 f, 95	4 f, 00

vres, mais que leur avantage réciproque est de fournir et de traiter des laits très riches. Cette conclusion avait déjà frappé un grand proprétaire de l'ouest de la France qui, en homme d'intelligence et de progrès, a complètement transformé ses étables pour les garnir de vaches jerseyaises dont les laits sont des plus riches.

Si l'on adoptait dans les transactions le mode de trafic qu'indique notre tableau, le vendeur n'aurait pas d'in-

térêt, et tout au contraire, à ajouter de l'eau en fraude.

Supposons que le beurre soit à 3 francs et la teneur en matière grasse du lait égale à 4%, on peut payer les cent litres 10 fr. 30 en se conservant un bénéfice. Si le vendeur a ajouté 50% d'eau, son lait ne contient plus que 2% de beurre et on lui paye son lait 3 fr. 40.

Nous avons donné, dans le chapitre consacré aux analyses, les procédés de détermination de cette matière grasse.

M. Wilhelm Helm, ingénieur de laiteries, a fait en Allemagne de nombreux relevés de travaux de beurreries, et il a établi des règles analogues à celles que nous venons de formuler pour le payement du lait suivant la richesse en beurre.

Il fait remarquer que ce mode d'achat présente de très nombreux avantages pour les deux parties.

Pour l'industriel laitier, il permet, après avoir payé le lait à sa valeur réelle, de se rendre compte ensuite du travail de la laiterie et de constater les pertes ou les défectuosités si elles existent. Il est certain que dans une laiterie ordinaire on accepte les rendements tels qu'ils sont et qu'on n'est pas du tout en mesure de dire si de faibles rendements doivent être attribués à une médiocre qualité du lait ou à un travail défectueux. Il est assez curieux de constater que dans une laiterie bien conduite on retire à peu près du lait la quantité de beurre que l'analyse avait décelée. M. Helm cite deux chiffres : dans la laiterie de Bernitt, le calcul donnait comme moyenne à obtenir dans l'année 51,132 livres de beurre, la fabrique en a obtenu 51,122. A Jarmen, au lieu de 85,932 livres calculées, on en a obtenu 85,975.

Ces faibles écarts, ces plus-values même doivent être attribués à la quantité d'eau incorporée dans le beurre

et qui vient compenser les pertes inhérentes à toute fabrication.

Le payement à la matière grasse présenterait, avonsnous dit, un avantage pour le fermier, car celui-ci pourrait désormais se rendre compte de la valeur des vaches qu'il élève et de la nourriture qu'il leur donne; il sélectionnerait peu à peu ses animaux, apporterait plus d'attention dans les soins de son ministère, car il trouverait un avantage pécuniaire palpable à bien soigner ses animaux.

Peut-être résulterait-il de cette manière de procéder des progrès semblables à ceux que l'on a constatés dans la fabrication du sucre depuis que les betteraves sont achetées à la densité. Il est vrai que dans ce dernier cas, l'analyse sommaire est assez facile; mais, parmi les procédés usuels d'analyse du lait, le lactocrite (1) n'est pas non plus d'un maniement difficile et l'industriel laitier se prêterait de bonne grâce à des vérifications demandées par le fermier. (*Die Milchbezahlung,* Wilhelm Helm. Bergedorfer Eisenwerk.)

Rendement du lait en beurre. — M. d'Hont, chimiste belge, a fait récemment des études assez curieuses sur les dimensions des globules de matière grasse dans les laits de différentes races de vache. Un examen microscopique lui a montré que le lait des vaches réputées les meilleures beurrières était également celui qui contenait les globules les plus gros et les plus réguliers.

Son examen confirme beaucoup de résultats de la pratique; les races à grands globules sont les Durham et les Jerseyaises, mais dans cette dernière race les sphérules sont régulières, tandis qu'on en trouve de dimensions

(1) Le contrôleur Fjord est des plus simples.

très différentes dans les Durham ; dans les races à globules moyens sont les races bretonnes et Schwytz ; les Hollandaises sont rangées dans les races à petits globules.

M. d'Hont a reconnu également que, contre toute prévision possible, l'addition du lait d'une certaine race riche à du lait de vache d'autres races pauvres augmentait le rendement ou, pour mieux dire, qu'on obtenait plus de beurre avec le mélange que l'on n'en aurait obtenu en barattant séparément les deux laits. Ces remarques intéressantes mériteraient des études nouvelles.

Installation de la beurrerie. — Lorsqu'ainsi que nous venons de l'expliquer on est fixé sur la valeur et le prix du lait dans une localité que l'on a choisie, lorsque l'on a étudié les questions de main-d'œuvre, de combustibles, de débouchés, il s'agit de construire la laiterie elle-même. Le premier point à étudier est maintenant celui de l'approvisionnement en eau ; il faut dans une laiterie de l'eau de bonne qualité et en grande abondance : c'est surtout cette question qui prime les autres, et l'on peut sans crainte établir le bâtiment en rase campagne, sans abri des feuillages si, au moyen d'un courant d'eau d'un ruisseau on est à même de conserver dans les salles de travail la température uniforme et relativement fraîche de l'eau de source.

Il va sans dire que si à cet avantage on peut joindre celui d'une position ombreuse, d'un encadrement de grands arbres protecteurs, il sera bon d'en profiter. Nous avons vu en Angleterre des salles de beurrerie dont les murailles étaient recouvertes de carreaux de faïences sur lesquels coulait continuellement une légère nappe d'eau fraîche. Cette disposition est évidemment excellente mais coûteuse et on arrive à des résultats presque aussi satisfaisants et à moins de frais en ménageant un ruis-

seau d'eau courante dans le milieu de la pièce ou dans une rigole latérale ou bien en établissant quelque part un jet d'eau, une petite cascade qui prête à une agréable ornementation.

En Danemark, en Norwège on gaspille la glace dont le prix est relativement très bas, on travaille alors à de très basses températures + 3 à + 6° et dans d'excellentes conditions de réussite pour le traitement et la conservation des produits; en France ou dans les climats plus chauds nous ne pouvons espérer avec les eaux de source que des températures de + 10 à + 14°, qui sont peut-être un peu moins favorables que les précédentes mais cependant encore assez bonnes pour un travail régulier.

Nous n'avons pas à insister sur la disposition des petites laiteries traitant au maximum deux à trois cents litres de lait; on peut dans ces petites fabrications arranger les appareils à peu près d'une manière quelconque sans grand inconvénient, mais nous étudierons plus spécialement l'installation d'une laiterie moyenne dans laquelle on traite de 5 à 10,000 litres de lait par jour.

Nous supposons que l'on travaille avec des écrémeuses centrifuges, l'écrémage spontané à la température ordinaire serait mauvais dans ce cas à cause des pertes qu'il occasionne : les rendements qu'il donne sont de 15 à 20 % au-dessous des rendements des centrifuges, et l'écrémage Swarz est, à cause du prix de la glace, tout à fait inapplicable dans nos régions.

Pour les appareils de fabrication du beurre une salle de 7 mètres sur 12 mètres est suffisante, on y dispose les appareils dans leur ordre d'utilité en s'arrangeant de façon à recevoir le lait en un point et à faire sortir le beurre sans que les matières dans les différentes phases de

leur fabrication soient exposées à des retours sur elles-mêmes ou, autrement dit, sans que l'on ait à craindre de fausses manœuvres.

La machine ou le moteur seront placés le plus près possible des écrémeuses mécaniques et l'on s'arrangera de façon à n'avoir qu'un seul arbre de transmission sur lequel viennent s'alimenter toutes les machines.

Cette disposition en ligne avec la machine dans le prolongement du bâtiment permet un agrandissement facile qu'il faut du reste toujours prévoir : il suffit d'allonger le bâtiment dans le côté opposé au moteur; l'arbre est prolongé sans difficulté et si l'on veut plus tard établir une fromagerie ou une fabrication annexe, elle vient se placer sans aucun dérangement de l'autre côté du moteur. Dans l'achat des appareils, il faut calculer sur un travail beaucoup plus considérable que celui que l'on a en vue non pas dans l'idée d'un agrandissement qui est peut-être lointain, mais pour terminer le travail à effectuer en peu de temps. Si, par exemple, on travaille 4 à 5,000 litres de lait, il ne faut pas compter que l'on doit y employer la journée entière, mais seulement trois ou quatre heures; on ne devra pas prendre une écrémeuse de 500 litres tournant pendant dix heures, mais bien trois écrémeuses de cette capacité pour les faire tourner par deux ou par trois et terminer alors en 5 heures au maximum.

Dans nos conditions de température, le lait est déjà assez altérable et il faut se hâter de le soustraire aux causes de désorganisation.

Nous conseillons en outre d'une façon générale de pratiquer l'écrémage à froid, c'est-à-dire à la température ambiante, de renoncer systématiquement à tous chauffages quelquefois conseillés par les constructeurs.

Des expériences sérieuses ont prouvé que les turbines

de de Laval, de Burmeister, pour ne parler que de nos types les plus usités, donnaient d'excellents résultats à froid, il est probable qu'il en serait de même des autres centrifuges connus; nous n'en doutons aucunement, mais en tout cas, dans cet écrémage à 12°, 15° les rendements sont inférieurs à ceux que les prospectus annoncent et le nombre de tours des turbines doit être augmenté en conséquence.

Ainsi pour un travail de 5,000 litres nous n'hésiterions pas à conseiller d'adopter quatre écrémeuses de Laval grand modèle ou deux Burmeister de 1,200 litres, type A A.

Ce que nous venons de dire des turbines s'applique aux autres appareils et surtout aux barattes.

Une fabrication traitant 5,000 litres de lait donnera environ 750 litres de crème qui, à la rigueur, pourraient être traités en deux fois dans une grande baratte de 500 litres; il nous paraîtrait toujours préférable de prendre deux de ces grandes barattes ou trois plus petites de 3 à 400 litres.

Cette fabrication sur 5000 litres donnera à 5 %, qui est un maximum, 250 kilog. de beurre; un malaxeur de 20 à 30 kilogr. suffirait à la rigueur, peut-être sera-t-il préférable d'en prendre deux.

Une délaiteuse grand modèle est un auxiliaire des plus utiles sinon indispensable dans une beurrerie industrielle.

Toutes ces données vont nous permettre de calculer la force nécessaire pour mettre en mouvement ces machines diverses; approximativement les écrémeuses prendront 4 chevaux, les barattes 2 ou 3, les malaxeurs 2, et il faudra également compter la force absorbée par la délaiteuse, la pompe à eau et quelques petits services accessoires, la machine à mouler,

les monte-charges et les pasteurisateurs, par exemple.

Comme tous les services ne fonctionnent pas ensemble, une force de 8 à 10 chevaux est suffisante à la rigueur, elle ne l'est pas du tout en pratique.

Il est prudent de compter sur 14 à 16 chevaux.

La chaudière, si l'on conduit par une machine à vapeur doit être plus forte sensiblement, car on dépense de la vapeur pour les chauffages et les nettoyages; un générateur de 20 chevaux n'est pas exagéré.

Le nettoyage des bidons par la vapeur est très recommandé dans tous les établissements de laiterie; il est en effet très rare que les fournisseurs de lait s'astreignent à bien laver leurs pots avant de les remplir de nouveau, et cette malpropreté presque générale entraîne à de désastreuses conséquences pour la qualité des produits fabriqués.

Il est évident qu'une laiterie de 10,000 litres ne nécessiterait pas une force double, car celle que nous indiquons, les appareils qu'elle met en œuvre sont presque suffisants pour une production double de celle que nous avons supposée : la prudence commande d'agir ainsi ; il faut que si l'on augmente la laiterie, si l'on ajoute quelque machine nouvelle, on puisse faire tous les changements sans interrompre le travail courant; la disposition que nous avons indiquée permet précisément ces additions successives. Seul le générateur et le moteur devraient être remplacés ou renforcés, mais ici les dépenses deviennent trop considérables pour que l'on puisse sans inconvénient exagérer la force nécessaire.

Nous donnons ci-joint les plans de quelques laiteries dont les dessins nous dispensent de beaucoup de commentaires.

La fig. 83 représente le plan de la laiterie de Pétré, près

Luçon, Vendée. Cet établissement, construit sur nos indications, a été très heureusement complété par les soins du directeur de l'École, M. A. Vauchez.

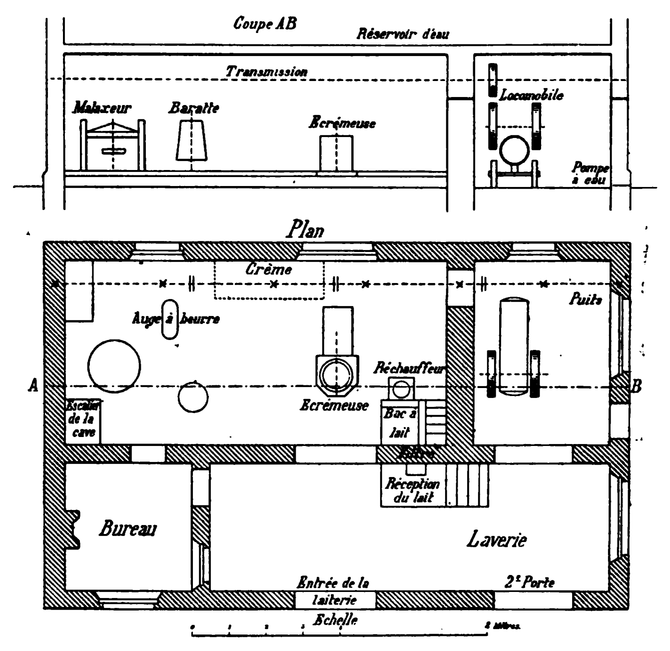


FIG. 83. — PLAN D'UNE PETITE LAITERIE.

La fig. 84 est le plan d'une laiterie que nous avons montée dans la grande école d'agriculture de la province de Minas, au Brésil; M. Seigneuret, directeur.

La laiterie est adossée à la colline et entaillée dans le rocher; elle se trouve ainsi encavée en quelque sorte et déjà plus à l'abri des variations de températures, des chaleurs de l'été aussi bien que des trop grands froids

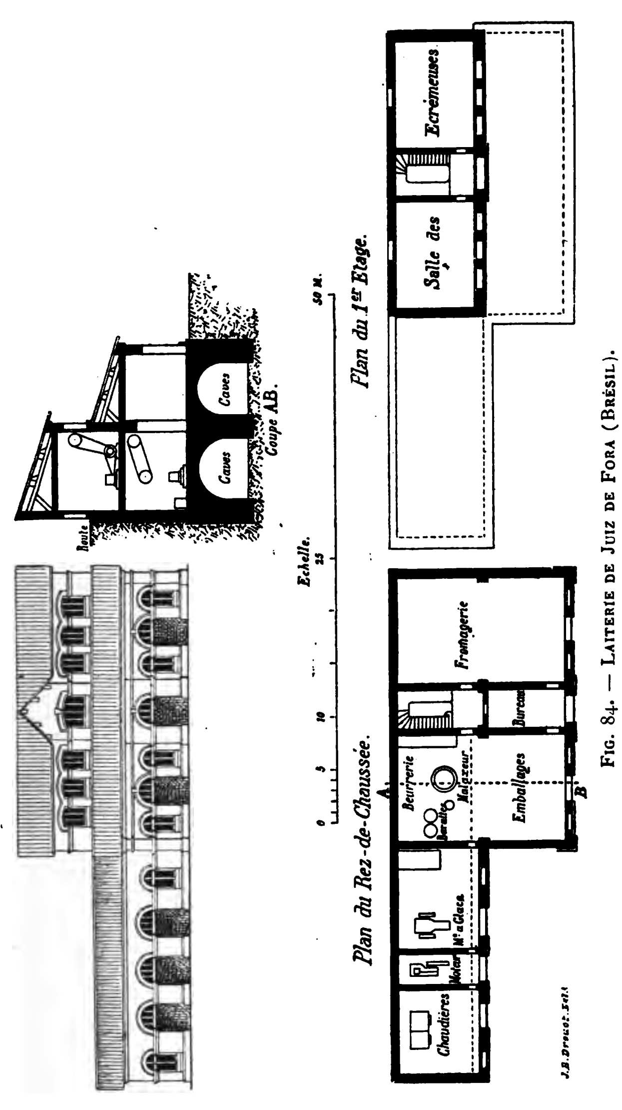


FIG. 84. — LAITERIE DE JUIZ DE FORA (BRÉSIL).

de l'hiver. L'idée de cette disposition est due à M. Charpentier, qui l'a appliquée à sa charmante laiterie du Valdoie. Nous avons modifié quelque peu les plans de l'éminent ingénieur dont nous parlons, nous avons sectionné la beurrerie et placé les machines de telle sorte que l'agrandissement soit possible. Sur notre plan, les générateurs, le moteur, la machine à glace peuvent être sans inconvénient reculés vers la gauche, le premier étage a de quoi s'étendre et la fromagerie s'élargir vers la droite du dessin.

La fig. 85 est une des dispositions conseillées par M. Hignette, ingénieur; nous la donnons avec le devis détaillé de l'installation.

DEVIS

DES APPAREILS NÉCESSAIRES POUR L'INSTALLATION D'UNE LAITERIE TRAITANT 5.000 A 10.000 LITRES DE LAIT PAR JOUR; PROJET HIGNETTE.

	fr.
1 Chaudière à vapeur horizontale tubulaire à retour de flammes et foyer amovible, de 22^{m2} de surface totale de chauffe (sans la maçonnerie ni la cheminée).....	4.500
1 Machine à vapeur horizontale fixe à détente variable par le régulateur, force 10 à 13 chevaux; 1 pompe d'alimentation; boulons de fondation, réchauffeur d'eau horizontal à tubes en laiton: volant..........	3.000
Tuyauterie de vapeur en cuivre reliant la chaudière, la machine; robinet de prise de vapeur en cuivre..	200
2 Écrémeuses centrifuges, système Burmeister et Wain, modèle AA traitant 1.200 litres de lait à l'heure chacune avec régulateurs d'alimentation, tuyauteries à élever le lait écrémé, courroies, boulons, plaques de fondations à 2.010 fr. chacune....................	4.020
1 Appareil à chauffer le lait brut......................	250
1 Baratte danoise double, tonneau de 300 litres, montée sur bâti en fer, avec poulies fixes, folles et débrayages.	700
A reporter..................................	12.670

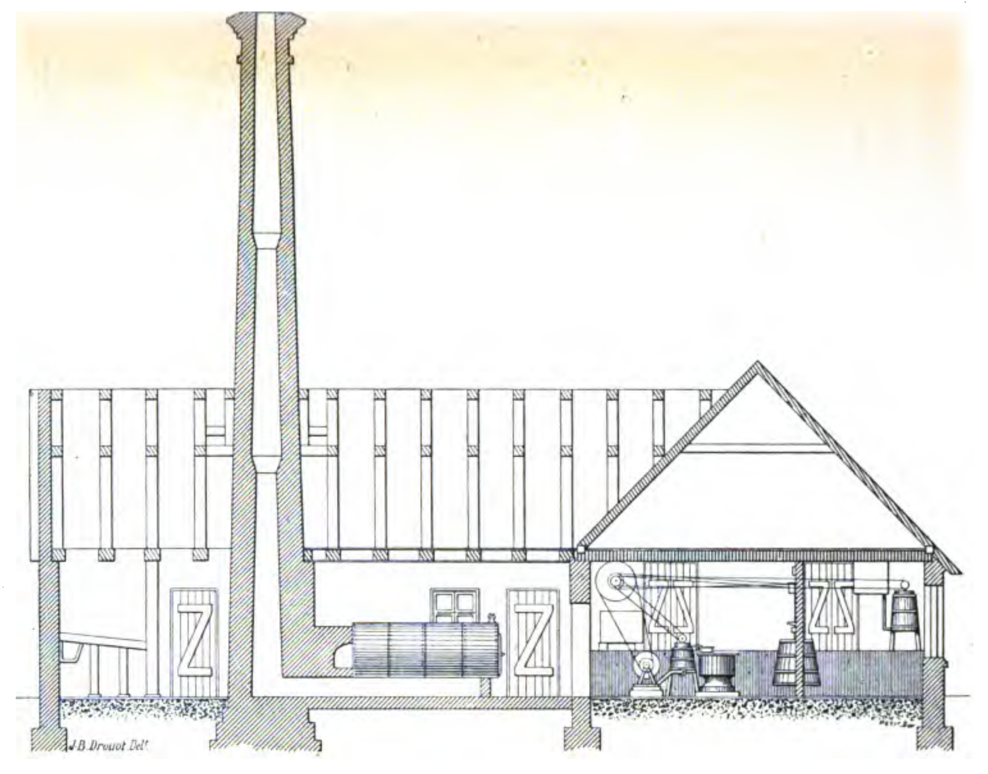


Fig. 85. — Disposition d'une grande laiterie ; Hignette, ingénieur,

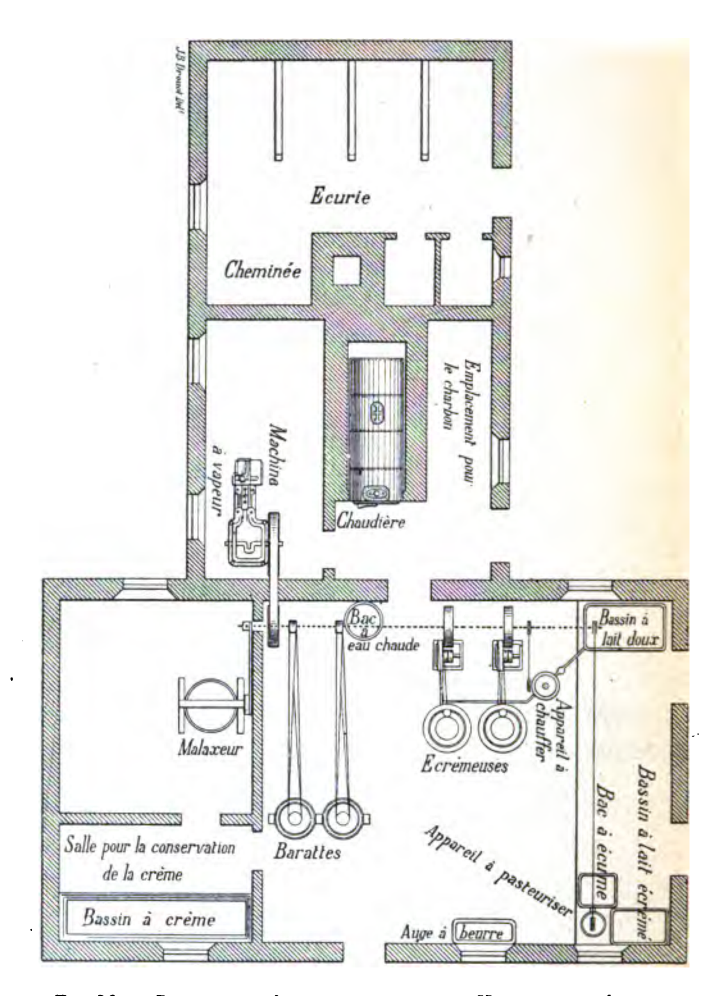


Fig. 86. — Disposition d'une grande laiterie; Hignette, ingénieur.

Report	12.670
1 Malaxeur rotatif de $1^m.10$ avec poulies fixe et folle pour fonctionner au moteur	300
1 Auge à beurre de $1^m.60$ de long	50
1 Bassin à lait brut, étamé	150
1 Bassin à lait écrémé, étamé	150
1 Appareil à pasteuriser le lait écrémé	350
1 Bac à écume	50
1 Bac à eau chaude en tôle noire avec barbotteur silencieux.	100
ACCESSOIRES.	
Tamis pour baratte, spatules, couteaux à beurre, thermomètres	40
Total des appareils	13.860
TRANSMISSIONS.	
1 Arbre en fer; 1 Manchon en fonte; 3 Chaises consoles; 1 Niche en fonte; 4 Paliers-graisseurs, système Hignette; 1 Poulie en fonte recevant la commande de la machine; 2 Poulies pour la commande des écrémeuses; 2 Poulies pour la commande des barattes; 1 Poulie pour la commande du malaxeur; 1 Poulie à gorge pour la commande de l'appareil à chauffer; 1 Poulie à gorge pour la commande de l'appareil à pasteuriser; Boulons, platines et clavettes; le tout vaut.	800
COURROIES EN CUIR.	
Courroie de la machine : pour les écrémeuses; pour les barattes; pour le malaxeur; Corde en cuir pour les appareils à chauffer et pasteuriser; Agraffes pour les jonctionnements	250
TUYAUTERIE.	
Tuyaux en fer étamé avec coudes et manchons pour l'alimentation de l'appareil à chauffer, des écrémeuses, de l'appareil à pasteuriser	100
1 Robinet en cuivre sur l'appareil à chauffer et 1 sur le bassin à lait écrémé	40
Tuyauterie de vapeur en fer avec robinetterie en cuivre pour l'appareil à chauffer, l'appareil à pasteuriser et le bac à eau chaude	200
Total	15.250

Non compris : emballage, transport, montage.

La fig. 87 est la laiterie que M. Pilter propose dans ses prospectus pour un travail de 1000 litres par jour.

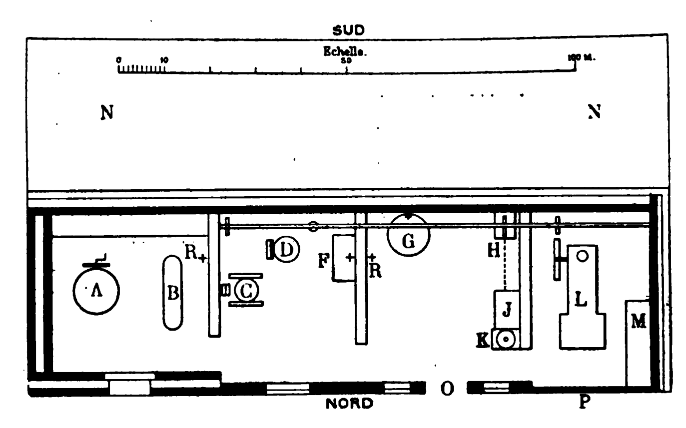


FIG. 87. — LAITERIE PILTER.

	fr.
1 Écrémeuse centrifuge	900
1 Réservoir d'alimentation avec tamis	60
1 Locomobile	2.700
1 Baratte danoise TH. P. 5	270
1 Auge à beurre TH. P. 4	40
1 Délaiteuse mécanique	700
1 Malaxeur TH. P. 6	170
Tamis, spatules, accessoires	20
1 Pompe à main	28
Total	4.888

La fig. 88 est le plan d'une laiterie allemande. Nous ne pouvons ni ne voulons critiquer ces dispositions diverses; elles doivent, à notre idée, servir de guide à l'industriel qui, en les étudiant, arrive lui-même à déterminer l'ensemble des locaux de son bâtiment avec assez

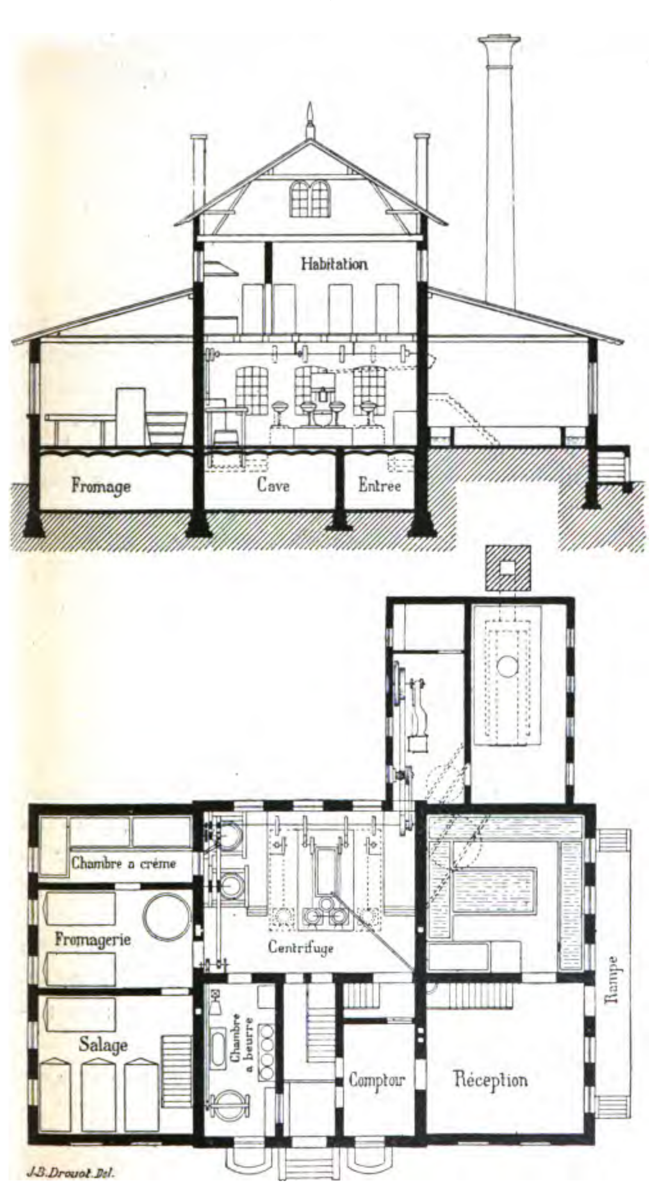


FIG. 88. — PLAN D'UNE GRANDE LAITERIE ALLEMANDE.

d'exactitude, de connaissance de cause pour indiquer clairement à l'architecte ce qu'il veut ou ce qu'il entend vouloir faire.

Le commerce des beurres. — Les appareils perfectionnés et notamment les écrémeuses mécaniques fournissent les moyens de fabriquer beaucoup mieux que l'on ne faisait autrefois tout en donnant des rendements notablement plus élevés ; il y a donc un avantage évident à établir ces laiteries modèles pourvues de toutes les machines nouvelles, et travaillant par les procédés que nous ont enseignés les Suédois et les Danois. Mais il est intéressant d'étudier de plus près les conditions de l'installation de ces établissements.

Autrefois, et encore aujourd'hui, mais à un degré déjà moindre, les beurres passaient par un assez grand nombre de mains avant d'arriver au consommateur. Les femmes des cultivateurs, les fermières auxquelles incombent ordinairement les soins et les profits de la laiterie avaient pour habitude de porter sur les marchés voisins le beurre de leur semaine. Des marchands allant de foire en foire, achetaient ces beurres de provenances et de fabrications les plus diverses ; ils les remalaxaient, les purifiaient, en faisaient une marchandise uniforme et homogène, qu'ils revendaient ensuite en gros. Ordinairement le deuxième intermédiaire était le facteur aux halles (pour l'écoulement sur Paris qui est toujours un des meilleurs) et les beurres passaient encore par les mains d'un troisième intermédiaire avant de parvenir enfin au consommateur.

Ces passages de mains en mains n'étaient pas sans grever fortement la marchandise, puisque chaque intermédiaire devait prélever un bénéfice pour son travail.

Il résultait évidemment de toutes ces ventes succes-

sives un écart assez considérable entre le prix de vente au consommateur et le prix d'achat au producteur. Tous ces bénéfices passaient entre les mains de gens que nous supposerons toujours fort honorables, mais dont le sort est assurément moins intéressant que celui de l'ouvrier qui fabrique et du consommateur qui paye.

Ces frais successifs font quelquefois plus que doubler le prix de la marchandise; il en est qui sont presque inévitables dans l'état habituel des choses : il est évident, qu'il faut un collecteur de toutes ces denrées, un acheteur qui groupe les productions des petites fermes car les petites exploitations ne pourraient jamais supporter les frais de correspondance et d'envoi de leurs produits à des acheteurs qu'elles auraient même beaucoup de peine à connaître, il est impossible de songer à la vente directe avec une trop petite fabrication.

Il paraît assez commode d'envoyer les produits aux Halles, on est presque assuré de la vente et d'une réalisation immédiate de l'argent, mais au prix de certains sacrifices. Outre les bénéfices des facteurs, les notes se grossissent d'une foule de frais accessoires, droit d'abris, de pesage, etc., qui viennent fortement diminuer le prix à retirer du kilog.. de marchandise. Tout en considérant ces dépenses comme très légitimement établies, il est naturel de chercher à les éviter. Après la halle, le beurre passe encore entre les mains de revendeurs et de marchands au détail, de sorte qu'il existe quelquefois des écarts de 1 franc ou 1 fr. 50 entre le prix de vente à la beurrerie et le prix que paye le consommateur. Il serait de l'intérêt du plus grand nombre de diminuer l'amplitude de cet écart.

C'est dans ce but que des grands industriels laitiers se sont établis eux-mêmes marchands en boutique ou livreurs à domicile, et qu'ils peuvent dans ce cas fournir

des beurres purs et beaucoup plus frais à moins hauts prix.

Mais pour éviter tous ces frais et aborder la vente directe, il est évident qu'il faut opérer sur des quantités de lait assez grandes, car les loyers des grandes villes sont coûteux, et la vente avec livraison à domicile entraîne à des frais d'administration assez élevés. Cependant quelques industriels se sont lancés dans cette voie, qui est la vraie et la bonne si la fabrication atteint quelques centaines de kilog. par jour.

Nous voudrions démontrer que les petits propriétaires, les fermiers pourraient avoir aussi leur représentation directe par l'établissement facile de laiteries coopératives.

Une laiterie industrielle n'est pas d'une installation extrêmement coûteuse et l'on n'a pour s'en convaincre qu'à regarder nos devis des pages précédentes; avec une quinzaine de mille francs, vingt mille francs peut-être, on peut sans aucun doute monter de toute pièce une laiterie travaillant de 3 à 5,000 litres de lait par jour. Peu d'industries sont si propices, puisque, dans ces beurreries, la matière première arrivée le matin est transformée et réalisable le soir.

Les petits producteurs auraient un intérêt énorme à vendre leur lait à des usines centrales ou à des laiteries coopératives, au lieu de travailler péniblement quelques litres de lait chez eux pour fabriquer une faible quantité de beurre, qui, grevé de quelques frais de transport à la foire, ne laissera pas beaucoup d'argent dans la poche du petit fermier.

Dans les localités où des gens hardis et intelligents ont établi des usines laitières le problème est résolu pour le cultivateur; il a tout bénéfice à vendre son lait à l'industriel qui peut le payer un prix raisonnable,

parce que, de son côté, mis en rapport avec le producteur, il retirera de son beurre un revenu plus considérable.

Dans le cas où ces usines n'existent pas, quelle difficulté y aurait-il à les monter en société? Assurément aucune, et les laiteries coopératives fonctionnent déjà et depuis longtemps, dans nos départements français fabriquant le Gruyère et chez plusieurs nations voisines.

Nous ne pouvons ni ne voulons donner de types de contrats de société, parce qu'ils nous paraissent des plus simples à établir, et qu'un homme un peu instruit en dressera les articles en bien peu de temps.

Si, par exemple, une cinquantaine de fermiers se groupent pour un semblable établissement, il leur suffira d'apporter quelques centaines de francs chacun et de choisir leur personnel à la campagne et leur représentant à la ville.

Puis pour la laiterie, chacun aura son compte spécial. et fournira son lait à un prix conforme quelconque. Si nous mettons 9 centimes, le lait lui sera payé sur ce tarif tous les quinze jours, par exemple ou à des dates fixes. Puis tous les six mois ou tous les ans, on dressera un inventaire général pour répartir le bénéfice entre tous les participants au prorata de leurs livraisons.

Si les ressources premières ne permettent pas l'établissement d'une grande laiterie, on commence plus petitement, et il est assez facile de se créer une clientèle d'acheteurs directs que l'on fournit par colis postaux; un représentant à la commission a bien vite fait de trouver des clients. Si les produits livrés sont de bonne qualité, les acheteurs restent fidèles, puisqu'ils trouvent une économie dans leurs achats, et que la livraison leur est faite sans dérangement aucun.

Il est bien facile de se rendre compte des bénéfices

à réaliser dans l'ordre d'idées que nous venons d'indiquer.

Une fermière travaille, par exemple, cent litres de lait; elle en retirera en moyenne 3 kilog. de beurre au plus qui, pris ainsi à leur valeur moyenne, représenteront une somme de 6 francs dont il faudra déduire non la main-d'œuvre, on ne la compte guère dans les fermes, mais les frais de transport et de séjour au marché voisin : cela c'est quelque chose, et il est bien rare que l'on s'en revienne sans avoir dépensé de bon gros sous, pour quelques verres de boissons malsaines.

D'autre part, si l'on ne vend le lait même que 8 centimes le litre, le bénéfice apparaît aussitôt, puisque les cent litres rapportent alors 8 francs, et 8 francs net, sans déplacement, sans travail. Ce prix de 8 centimes est un minimum assuré et nous sommes persuadés qu'en moyenne le prix de 12 centimes serait facilement atteint, car certains industriels peuvent payer le lait à ce taux, tout en réussissant dans leurs affaires.

L'avenir est donc dans le groupement des forces, dans l'établissement d'usines centrales par des particuliers ou des sociétés coopératives permettant ensuite des ventes directes au consommateur qui accueillera avec joie cette diminution dans le prix d'une denrée aussi utile que l'est le beurre.

En reprenant maintenant la question d'une manière générale, il est intéressant de savoir comment se fait le commerce des beurres en gros et de connaître les écoulements possibles ainsi que les fluctuations des prix de ces denrées.

Autrefois les principaux débouchés de nos beurres français étaient l'Angleterre et l'Amérique du Sud, mais ces marchés si avantageux nous sont chaudement disputés à l'heure actuelle; l'Angleterre reçoit des quantités consi-

dérables de beurres de Danemark, de Suède et de Hollande, d'Allemagne, d'Italie et même d'Australie et de la Nouvelle-Zélande; la fabrication locale s'est développée surtout en Irlande dans ces dernières années. Les mêmes raisons de concurrence ont restreint nos exportations vers l'Amérique du Sud, car de nombreuses laiteries se sont montées au Brésil et dans la République Argentine entre autres, et aujourd'hui le grand débouché pour nos laiteries est Paris dont la consommation déjà effrayante va encore toujours en augmentant.

Le commerce dans Paris. — Depuis quelques années, la production du beurre a augmenté dans de notables proportions, le commerce auquel donne lieu ce produit n'est plus cependant aussi facile qu'autrefois, principalement en ce qui concerne l'exportation.

Depuis 1877, les importations de beurre en France ont été sans cesse en augmentant, tandis que nos exportations avaient sensiblement diminué : elles tendent maintenant à reprendre.

Nous recevons actuellement de grandes quantités de beurre de la Belgique, de la Hollande, de l'Allemagne, de l'Italie et même des États-Unis, pendant que l'exportation de nos marques indigènes reste stationnaire, ou n'augmente que peu sensiblement.

C'est à l'introduction frauduleuse de la *margarine* et des matières grasses oléagineuses dans la fabrication des beurres français qu'il faut attribuer en partie la dépréciation de nos produits sur les marchés étrangers et il est regrettable que des mesures restrictives très sévères n'aient pas toujours été prises contre les falsificateurs.

Sur le marché français, Paris est le grand consommateur, une partie du beurre qui lui est nécessaire est

achetée par le commerce et la consommation, à prix fixes stipulés d'avance, directement et sans avoir à passer par les mains des intermédiaires, tend à prendre de plus en plus d'extension; cependant les Halles centralisent l'approvisionnement d'une grande partie de la ville. Aussi nous paraît-il intéressant de donner une description sommaire de ce marché colossal et d'indiquer le mode et l'importance des transactions qui s'y opèrent.

A l'exception du dimanche, la vente du beurre aux Halles centrales a lieu tous les jours par l'intermédiaire de commissionnaires, appelés facteurs. Le facteur est en quelque sorte le consignataire de la marchandise qui lui est adressée : il a pour mission de la vendre ou de la faire vendre à l'enchère publique et à son poste; il est assermenté; cet intermédiaire entre le producteur et le consommateur se trouve sous le contrôle de la municipalité.

Il y a deux catégories pour la vente du beurre. La première est celle des petits-beurres et beurre en livres qui sont expédiés dans de grands paniers par les petites fermes et la petite exploitation. Ils arrivent principalement de la Touraine, du Gatinais, du Mans, de la Sarthe, de l'Auvergne, de la Hte-Loire, de la Creuse, etc.

Ces beurres, depuis quelques années, par suite de la production toujours croissante, se vendent trop souvent à bas prix. Une grande partie des beurres en livres est vendue telle quelle, sans autre manipulation, tandis que le reste est trié par l'acheteur, malaxé de nouveau, mélangé et, au besoin coloré, pour être transformé en beurre en mottes avant d'être livré au consommateur.

La vente du beurre en mottes est la grande vente des Halles; un nombre toujours croissant de facteurs s'en occupent. Cette vente commence à 8 heures, en été

et à 9 heures, en hiver, immédiatement après la vente des petits-beurres.

Les beurres en mottes, comme les petits-beurres, se vendent à la criée. Chaque motte est adjugée par le crieur au dernier offrant ou à la plus haute enchère.

On distingue plusieurs catégories de beurres en mottes; ce sont d'abord les beurres renommés de Normandie, les Isigny; puis les beurres de Gournay; ces derniers se vendent en vrac, sans paniers, et les beurres dits laitiers qui comprennent les *laitiers des Charentes*, les *laitiers Suisses* et les *laitiers des Alpes;* en dernier lieu viennent les beurres de provenances diverses.

Plusieurs facteurs, des plus importants, font vendre simultanément, à deux bancs, dans le but de terminer plus promptement leurs transactions. Tandis qu'au premier banc les provenances de Normandie se suivent sans relâche, le deuxième banc est réservé presque exclusivement aux beurres laitiers, aux beurres marchands et aux produits étrangers.

Ici, c'est encore l'importance des arrivages en face des besoins de la consommation qui règle les cours dont les écarts sont parfois énormes, car le prix du beurre aux Halles de Paris peut varier de deux francs à huit francs le kilogramme suivant les provenances, la qualité et le nom du producteur.

Les deux marchés principaux de la semaine ont lieu le mercredi et le samedi; ces jours-là sont les jours d'arrivages des beurres de Normandie. Les beurres de Gournay ne se vendent que le lundi, jeudi et samedi.

La vente du beurre aux Halles se fait au comptant et le facteur règle en conséquence et à la convenance de l'expéditeur.

Aux grands marchés du mercredi et du samedi, les quantités de beurres en mottes vendues dans l'espace

de trois heures varient entre 40 et 60,000 kilogrammes; celles des autres jours de marché, de 10 à 20,000 kilogrammes environ.

Les fluctuations des prix au marché des Halles sont, comme nous l'avons dit, parfois énormes et sans cause apparente. Il est facile de constater chez les différents facteurs des différences de prix très sensibles pour une même qualité de beurre, même lorsque ce beurre est vendu à la même heure, à la même minute. Il ne saurait en être autrement avec l'organisation actuelle de la vente, et, si la qualité semble déterminer le prix, le hasard se met souvent aussi de la partie pour le faire hausser ou descendre suivant le nombre des acheteurs, le rang de présentation des marchandises, etc.

Les beurres de toute espèce, margarines, beurrines et autres produits analogues ayant l'apparence du beurre sont soumis à un droit d'octroi de 14 francs 40 cent. par 100 kilog.

Le droit d'abri perçu aux Halles est de un franc par 100 kilog.

Les introductions de beurre dans Paris suivent une progression toujours croissante. Pour s'en convaincre, il suffit d'étudier les importants documents statistiques publiés tous les ans par la ville de Paris; c'est à ces publications que nous empruntons les documents qui vont suivre et qui se rapportent aux deux années 1888 et 1889.

Les apports qui avaient été en 1888 de..	12.075.931 kil.
Se sont élevés, en 1889, à..............	12.243.422 —
Soit une augmentation de.....	167.491 kil.

L'augmentation constatée dans les apports doit être attribuée à la fertilité des premiers mois de l'année 1889,

par rapport aux mois correspondants de l'année 1888.

Les prairies ont été repeuplées de nouveaux élèves, et la production du lait s'est accrue en proportion, surtout en Normandie.

D'autre part, cette augmentation des produits beurriers a été soutenue exceptionnellement cette année 1889 par les demandes du commerce devenues très actives pendant la durée de l'Exposition.

Les arrivages des beurres en motte ont baissé de 35,689 kil.; par contre, les apports des beurres de premier choix, d'Isigny, sont en augmentation de 227,000 kil. Ceux de Gournay ont diminué de 87,000 kil.

Ce résultat est dû à ce que les exportateurs de la Seine-Inférieure achètent les beurres à des prix supérieurs à ceux qui sont offerts sur le marché de Paris.

Les arrivages de la Bretagne et du Jura sont de moins en moins recherchés à cause des doutes qu'inspire leur fabrication; on les soupçonne mélangés de margarine.

Droits d'abri. — Le droit d'abri, sur les beurres, a été fixé à 1 franc par 100 kilogrammes, par délibération du Conseil municipal du 5 décembre 1878, approuvée par arrêté préfectoral du 31 décembre de la même année.

Les produits, qui avaient été en 1888 de....	123.451.10
Se sont élevés, en 1889, à..................	125.189.70
Soit une augmentation de.........	1.738.60

Réexpéditions. — Les réexpéditions des beurres de toute nature se sont élevées, en 1889, à environ 1,083,000 kilog. Elles n'avaient été, en 1888, que de 979,500 kilogrammes; c'est donc une augmentation de 103,500 kilog. due à l'abondance de cette denrée.

Saisies. — Des prélèvements ont été faits, comme

d'habitude, sur les beurres suspects, mais aucune saisie n'a été effectuée.

Prix de vente. — Les cours ont été sensiblement supérieurs à ceux de 1888. Le tableau suivant établit la comparaison des prix pendant les deux années.

DÉSIGNATION DES ESPÈCES.	1889		1888	
	PRIX maxima.	PRIX minima.	PRIX maxima.	PRIX minima.
	le kil.	le kil.	le kil.	le kil.
Beurres en mottes. Fermiers d'Isigny......	8 62	1 88	7 08	2 17
Beurres en mottes. Fermiers de Gournay..	4 90	1 50	4 23	1 67
Beurres en mottes. Marchandises de toutes provenances..........	5 20	1 »	4 03	1 39
Beurres en demi-kilog....................	4 26	1 20	3 26	1 73
Petits beurres....................	3 36	1 »	2 53	1 41
Beurres salés ou fondus.........	2 30	1 »	1 52	1 15

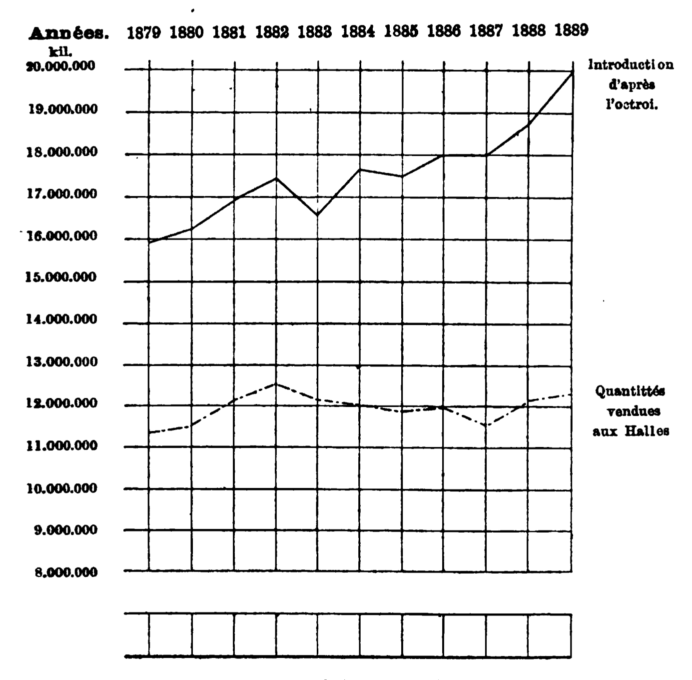
Facteurs. — Le nombre des factoreries, qui était de 14 en 1888, s'est élevé à 16, et celui des facteurs est passé de 24 à 26, soit une augmentation de 2 factoreries et de 6 facteurs.

Observations générales. — La modification des heures d'ouverture des ventes du 1[er] septembre au 28 février, accordée par décision du 29 octobre 1886, a été maintenue en 1889. Le commerce s'en montre satisfait.

Le tableau, page 375, montre que la vente directe aux particuliers augmente de plus en plus, c'est la conséquence de l'établissement des grandes laiteries modernes.

La consommation du beurre par tête et par an va toujours en croissant; elle est d'environ 9 kilogr. par habitant, à l'époque actuelle.

GRAPHIQUE DE LA VENTE EN GROS DES BEURRES DANS PARIS; D'APRÈS LES DOCUMENTS STATISTIQUES DE LA VILLE.



Usines centrales pour le commerce d'exportation des beurres. — Malgré l'importance grandissante des laiteries modernes, il est encore assez rare que la production soit assez considérable pour que l'exportateur puisse faire lui-même le commerce des beurres pour l'étranger; presque toujours c'est un nouvel industriel qui achète de côté et d'autre soit dans les marchés, soit dans des laiteries, les beurres fabriqués; il les nettoie, les rafraîchit et les mélange pour en

constituer une marchandise homogène et régulière.

Cette série de manipulations dernières précédant la livraison au consommateur ne présente aucune difficulté particulière, car c'est avant tout une question de dégustation, d'emploi d'appareils mécaniques appropriés, et en dernier lieu de grands soins dans les emballages.

Tout au point de vue industriel se réduit donc à des malaxages ou à des mélangeages des produits convenablement divisés en catégories.

Dans certaines contrées les beurres achetés sont extrêmement sales, et on est obligé de débuter par les filtrer pour les débarrasser des matières étrangères mécaniquement interposées.

L'appareil qui sert à cette filtration consiste en un moule de forme carrée ou circulaire; dans ce prisme ou dans ce cylindre construit en fonte, on a ménagé à la partie supérieure une porte que l'on referme avec un verrou lorsque l'appareil a été rempli de sa charge de beurre. Une des extrémités du prisme est terminée par un grillage solide en fer perforé.

Le beurre est appliqué fortement contre cette surface filtrante par un piston qui se meut dans le cylindre, et il sort par les trous de la plaque une sorte de vermicelle de beurre débarrassé de toutes les impuretés qui sont mécaniquement retenues dans l'intérieur de la boîte.

On peut accoupler deux appareils semblables dos à dos, de telle sorte que l'un fonctionne pendant que l'autre est en chargement.

Il ne faut pas se dissimuler que cette manipulation serait nuisible à la qualité des beurres fins; on la pratiquait autrefois en grand dans le but de malaxer et de mélanger les beurres, mais les machines fondées sur ces principes défectueux sont aujourd'hui abandonnées.

En général, à l'époque actuelle, les beurres sont assez

proprement préparés pour que toute filtration soit inutile.

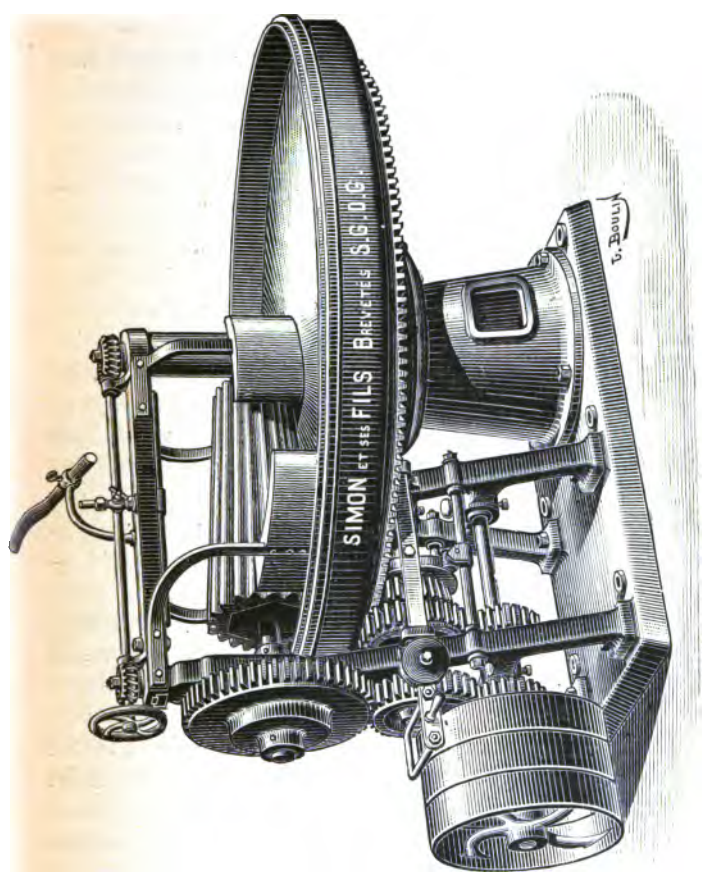


FIG. 89. — GRAND MALAXEUR A BEURRE.

Le travail commence par un triage des marchandises destinées à fabriquer des qualités différentes : les beurres déballés et pesés sont placés dans de grandes auges en

bois de hêtre; on répand quelquefois déjà une certaine quantité de sel à la surface des beurres si l'on a à craindre des altérations.

Le mélange des mottes de différentes provenances, le pétrissage peut se faire au moyen d'un système de deux rouleaux crénelés tournant en sens inverse et dont les dents se conduisent mutuellement comme celle des engrenages; ce système a pour but de débarrasser également le beurre de l'excès d'eau qu'il peut contenir et qui est d'autant plus facilement extraite qu'elle a été attirée par le sel marin qui s'y dissout.

Ce pétrissage a souvent l'inconvénient d'être trop énergique, trop brutal, et il est préférable de conduire moins vite cette opération en la faisant en deux fois.

La première passe s'exécute sur un grand malaxeur rotatif tout à fait semblable en principe aux malaxeurs employés dans la fabrication du beurre; mais ici les appareils doivent être plus grands et plus robustes; il n'est pas nécessaire que la pression soit très considérable, le but de ce premier passage étant surtout d'opérer un mélange.

La fig. 89 représente un malaxeur construit par Simon et ses fils de Cherbourg. Ces grands malaxeurs dont la table a jusqu'à $2^{m},50$ ou 3 m. de diamètre sont mis en mouvement par un système d'engrenage agissant sur un autre engrenage monté sur la circonférence de la table.

Le rouleau cannelé est conduit par le même moteur, mais les deux paliers de ce rouleau sont mobiles dans le sens vertical : on peut les hausser ou les baisser ensemble tout simplement en tournant un petit volant qui fait, par l'intermédiaire d'une roue et d'une vis, mouvoir ces deux paliers ensemble dans un sens vertical. On peut donc à volonté faire varier l'écartement suivant les quantités de beurre à travailler ou les pressions à

obtenir. Dans les malaxeurs Simon, c'est la table qui se déplace verticalement.

L'arbre de la table porte un ergot qui pénètre dans la fente d'un arbre creux; c'est ce dernier qui reçoit le mouvement de rotation et qui entraîne par l'intermédiaire de l'ergot toute la table dans sa rotation.

Souvent, pendant le malaxage, on fait couler un filet d'eau froide sur le beurre travaillé : à cet effet, à peu près au-dessus du cône cannelé et parallèlement à son axe, on place un tube de fer ou de cuivre, percé de petits trous ; on modère à volonté à l'aide d'un robinet la quantité d'eau à faire couler.

Les grands modèles de ces malaxeurs peuvent travailler 1000 à 1200 kilos de beurre à l'heure en absorbant 2 à 4 chevaux de force.

Ordinairement les machines sont conduites par un ouvrier habile aidé de manœuvres; l'homme apprécie par l'habitude l'instant de la fin du travail et débraye alors pour ne pas prolonger inutilement un pétrissage qui pourrait devenir nuisible; il est bon, pour faciliter cette surveillance, de munir un des arbres d'un compteur de tours qui sonne après un nombre déterminé de révolutions; les dispositions de ces sonneries sont des plus faciles à imaginer. Le malaxage ne doit durer que quelques minutes, les chargements sont de 100 à 150 kilos à la fois et l'on en fait de 6 à 10 par heure.

C'est dans cette opération que l'on ajoute le complément du sel nécessaire; mais si l'on fabrique des beurres frais, il est presque nécessaire d'avoir un malaxeur spécial pour cet usage.

Le sel ajouté facilite le délaitage. C'est aussi dans le cours de cette opération que l'on met le colorant pour beurres; les meilleures marques de ces colorants nous viennent de Danemark ou de Hollande.

Le beurre après cette opération est grossièrement homogène : en réalité il renferme encore de petites boules ou *nœuds* qui, par suite de leur faible diamètre, ont échappé à l'action du malaxeur.

On les fait disparaître en passant le beurre entre deux rouleaux cannelés.

Ces cylindres dont l'ensemble rappelle la disposition d'un laminoir, sont construits en gaiac ou autre bois suffisamment compact; on leur donne dans les grandes lisseuses 40 centimètres de diamètre et 60 centimètres ou même plus de longueur. Ils tournent l'un en face de l'autre avec des vitesses légèrement différentes, leurs axes étant à peu près dans le même plan horizontal et l'écartement entre les deux surfaces cylindriques étant de 4 à 6 millimètres environ.

Il est indispensable de pouvoir faire varier cet écartement qui détermine la pression.

Dans ce but MM. Simon et fils conduisent les deux cylindres l'un par l'autre par l'intermédiaire de deux pignons qui engrènent entre eux et commandent les deux engrenages montés sur les axes des cylindres.

C'est grâce à l'adoption de ces pignons intermédiaires que l'on peut rapprocher ou éloigner à volonté l'un des cylindres de l'autre qui reste fixe.

Pour cela, l'axe du cylindre mobile peut décrire une portion de surface cylindrique de révolution dont la ligne des centres des deux pignons parallèles (il y a quatre pignons en tout, deux de chaque côté) représente l'axe.

Les paliers de ce cylindre peuvent se déplacer suivant une portion de circonférence, et le mouvement leur est très facilement communiqué par un petit volant à la main. Il est clair que dans cette disposition le plan de plus courte distance ou le plan de leurs axes ne reste pas horizontal, mais la déviation est très faible et sans importance.

Les lisseuses sont principalement à recommander dans le travail à froid ou dans les saisons froides; le beurre ainsi laminé sort sous forme d'un ruban de quelques millimètres d'épaisseur.

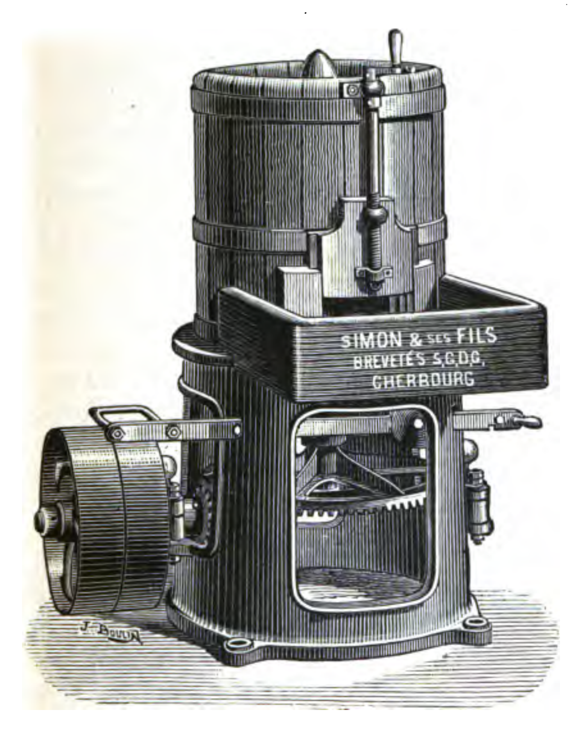


FIG. 90. — TONNEAU MÉLANGEUR; ÉCHELLE $\frac{1}{20}$.

On construit principalement pour les remalaxages des beurres artificiels des lisseuses dont les cylindres sont cannelés et l'appareil fonctionne alors comme malaxeur et comme lisseuse. Pour les beurres naturels dont

le grain est plus onctueux que celui de la margarine, de semblables machines ne donneraient que d'assez médiocres résultats, elles présenteraient le gros inconvénient d'échauffer le beurre et de le rendre graisseux par un travail trop brutal.

Sous toutes ces lisseuses, on place des wagonnets qui sont mobiles et servent lorsqu'ils sont remplis, à transporter le beurre au moulin mélangeur. Nous n'avons pas à insister sur l'emploi de ces wagonnets ni sur la construction des auges d'attente; la seule précaution à observer dans la construction de ces ustensiles est de ménager toujours un facile écoulement à l'eau qui s'est séparée du beurre sous l'influence de la pression.

On établit donc une légère pente dans ces auges et on laisse à la partie la plus basse une petite ouverture libre pour le passage des eaux.

Enfin l'opération se termine utilement par un dernier malaxage ou plutôt un mélangeage que l'on effectue dans un appareil assez semblable aux tonneaux à faire le mortier ou la pâte des briques.

Le plus perfectionné de ces appareils est construit par la maison Simon et fils.

Leur mélangeur se compose d'un tonneau cylindrique en bois de gaiac; dans ce tonneau placé verticalement sont enfilées autour de l'axe qui est carré un certain nombre de branches d'hélice construites en bois.

Ces bras sont disposés eux-mêmes en hélice et forment pour ainsi dire les éléments d'une seule surface hélicoïdale ou d'une vis qui dans la rotation entraîne les matières vers le bas du cylindre en les comprimant.

A la partie inférieure on a ménagé une porte placée latéralement; c'est par là que sortent les matières que la vis a forcé à descendre.

Ce mélangeur est continu : on jette des charges de

beurre par le haut; l'hélice est mise en mouvement par une paire d'engrenages d'angle, et le beurre bien mélangé cette fois, homogène jusque dans ses plus petites parties, sort d'une manière continue par la porte dans laquelle il s'étire en se façonnant en prismes carrés.

Avec une force de 2 à 4 chevaux on peut, avec cette machine qui est de petites dimensions et peu encombrante, travailler 1000 kil. de beurre à l'heure.

Le beurre après toutes ces manipulations a besoin de se raffermir ou de reprendre du corps dans un endroit frais; on peut le façonner en pains de poids déterminé, soit avant, soit après ce refroidissement.

Si nous supposons que cette opération soit pratiquée avant, on reçoit le beurre travaillé à la sortie du mélangeur dans des auges de bois où il reprend de la consistance, puis on le façonne soit à la main, soit à l'aide des machines que nous avons décrites précédemment.

L'emballage doit être soigné et même élégant. Les ouvriers qui ont à remplir les boîtes s'habituent à des soins de propreté tout à fait indispensables dans ces travaux.

Pour les expéditions au loin on emballe le beurre dans des boîtes de fer-blanc portant ordinairement la mention du poids contenu imprimé sur le métal, et ces boîtes sont ensuite fermées à la sertisseuse.

Le refroidissement du beurre en mottes ou en colis a lieu dans des chambres peu éclairées et dont l'atmosphère est maintenue à la température de 6° à 9° par l'intermédiaire d'une machine à glace.

Pour assurer aux beurres une conservation plus prolongée, on les additionne quelquefois au moment du malaxage de certaines matières préservatives; ce sont ordinairement des mélanges d'acide salycilique, de phosphate et borate de soude avec quelque peu de nitre et de sucre; on trouve ces mélanges dans le commerce.

CHAPITRE VI

DE LA MARGARINE ET DE SA FABRICATION
MÉLANGES AVEC LE BEURRE
FRAUDES COMMISES; MOYENS DE LES DÉCOUVRIR
LOIS RÉPRESSIVES

Fabrication de la margarine. — On désigne sous le nom de margarine le résultat d'un mélange de l'oléo-margarine avec du lait, du beurre ou des huiles, de manière à constituer un tout dont le goût, l'odeur et l'aspect ressemblent beaucoup à ceux du beurre naturel.

La fabrication se divise donc en deux phases distinctes.

1° La préparation de l'oléo-margarine.

2° La préparation du mélange ou la fabrication de la margarine proprement dite.

Fabrication de l'oléo-margarine. — La matière première est le suif des bovidés que l'on sépare des membranes qui le renferment; ce suif est fondu, mis à cristalliser puis passé à la presse hydraulique qui sépare à une douce température l'oléine et la margarine plus fluide de la stéarine dont le point de fusion est plus élevé.

Le suif en branches doit être employé aussitôt que possible ou plutôt dans un état de fraîcheur parfaite.

Si les conditions ne permettent pas de le travailler immédiatement, on doit le conserver dans un endroit frais ou dans de l'eau froide.

Dans le premier cas, on suspend les suifs sur des bâtons ou on les place sur des claies dans l'intérieur d'une chambre froide dont la température est maintenue entre 2° et 4° c'est-à-dire dans les limites où les fermentations sont nulles et la conservation très prolongée.

Le lavage à l'eau froide pratiqué immédiatement après la récolte du suif sur l'animal permet d'éloigner aussitôt les matières les plus putrescibles parmi lesquelles il faut placer le sang.

L'opération est du reste très simple : les suifs reconnus et pesés s'il y a lieu sont jetés dans un bac rempli d'eau à 3° ou 4° de chaleur seulement. Là on remue la masse à bras, les ouvriers ouvrent les couches de graisse, les plongent et les replongent pour les laver complètement.

L'eau rougie par le sang est écoulée et remplacée à plusieurs reprises jusqu'à ce qu'elle reste limpide et incolore.

Les graisses ainsi baignées dans l'eau glacée se conservent longtemps sans altération.

Il faut ensuite déchiqueter ces suifs avant de les soumettre à la fonte ; il s'agit de déchirer les cellules, de broyer le tout en pâte, afin que toutes les parties désagrégées se séparent mieux des tissus qui les enveloppent.

Pour cela on peut employer des moulins broyeurs composés de deux systèmes de laminoirs superposés. Le premier jeu comprend deux rouleaux de même diamètre tournant vis-à-vis l'un de l'autre à des vitesses différentielles de 80 à 100 tours environ.

La surface de ces cylindres est taillée en pointes de diamant : toute cette surface divisée en carrés égaux est creusée ensuite pour découper dans chaque carré une petite pyramide quadrangulaire dont la pointe est légèrement aplatie. On a ainsi un quadrillé de dents carrées presque pointues et dont les arêtes sont nettes et tranchantes ; le côté est de 25 millimètres à peu près, la hauteur de 15 à 18 millimètres.

Le second jeu de cylindres est à denture plus fine, les carrés de base sont bien plus petits, leur vitesse de rotation beaucoup plus grande : 250 à 300 tours.

La matière sort du deuxième broyeur à l'état de pulpe si bien faite qu'elle ressemble à du saindoux. Cet outil peut être cependant remplacé avec avantage par un hache viande d'origine américaine.

Les suifs sont préalablement découpés dans un grand coupe-racines dont les lames sont courbes et soigneusement affilées.

Puis les morceaux empilés dans une trémie pénètrent peu à peu dans un petit moulin à axe horizontal tournant dans l'intérieur d'un cylindre en fonte à la vitesse de 5 à 600 tours.

L'axe de moulin porte deux engins distincts.

Tout d'abord est une hélice qui occupe à peu près le tiers de la longueur totale : sa fonction est d'aspirer les matières et de les refouler vers l'autre extrémité de l'arbre en les entraînant dans un mouvement de translation horizontal.

Les graisses ainsi comprimées en masse compacte se présentent devant un système de couteaux montés sur l'axe les uns à côté des autres en constituant une deuxième hélice, mais cette fois une hélice dont les rayons sont coupants ; elle hache la graisse tout en la faisant avancer vers la sortie.

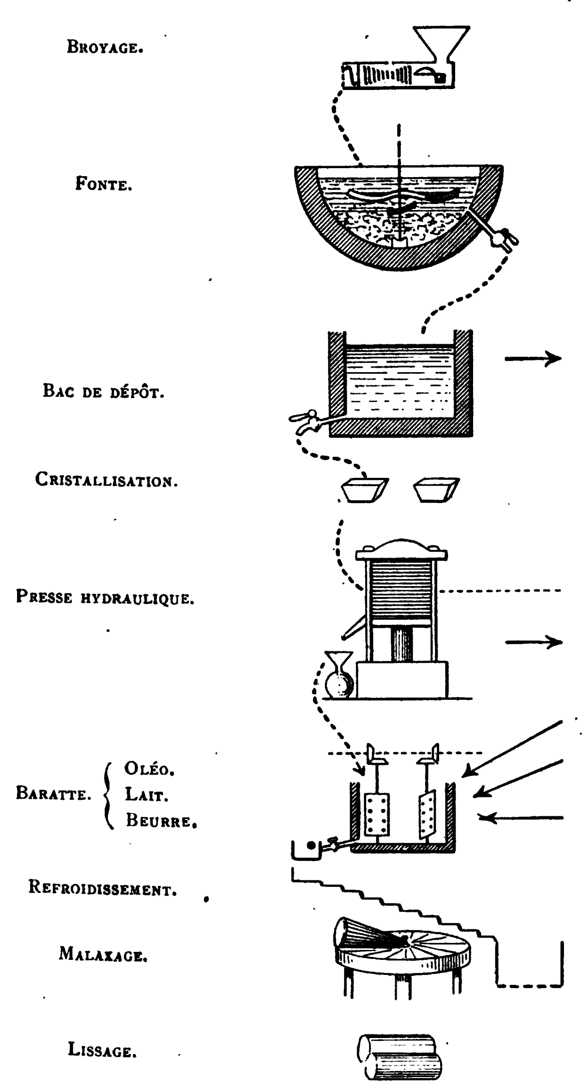


Fig. 91. — Fabrication de margarine.

Ce petit moulin est à enveloppe de vapeur : le travail des graisses devient beaucoup plus facile avec cette élévation de température; malgré ce perfectionnement, ces appareils absorbent beaucoup de force, 2 à 3 chevaux par 100 à 150 kilog. hachés à l'heure.

La pulpe est parfaite, c'est une masse jaune grisâtre paraissant très homogène.

L'opération de la fonte ou de la séparation de la graisse et des membranes s'opère en projetant la pulpe graisseuse dans un bac de bois contenant de l'eau salée et chaude.

Il importe que la température de cette eau soit assez élevée pour faire fondre la graisse, mais il ne faut pas qu'elle soit trop haute, car elle déterminerait des altérations qui se traduiraient par l'apparition d'odeurs mauvaises ou de goût âcre dépréciant ensuite beaucoup les produits sur les marchés. On peut également fondre à sec dans des chaudières entourées de bain-marie; la seule précaution à observer est de fondre vite et à aussi basse température que possible pour éviter le désagréable goût de suif.

La température favorable est de 65° à 80°; elle est entretenue par un barboteur de vapeur et peut être modérée au besoin par l'introduction d'eau salée plus froide.

La graisse est introduite à plusieurs reprises et chaque fois on peut ajouter sur la masse quelques grammes de carbonate de potasse. Tout le suif est ensuite doucement remué au râble pour amener successivement tous les morceaux au contact de l'eau chaude.

Celle-ci qui se salit peu à peu au contact des matières dissoutes peut être évacuée par une bonde de fond et remplacée par de l'eau salée propre. On évite dans les fabrications actuelles l'introduction de toutes subs-

tances étrangères telles que pepsine ou alcalis; cette addition qui avait paru nécessaire autrefois lors de la découverte de Mège Mouriés et des premières applications, a été reconnue inutile maintenant que des outils spéciaux peuvent débiter de la pulpe suffisamment fine et homogène.

L'opération est terminée quand toute la masse est fondue; le liquide est alors séparé en trois couches : en bas est l'eau salée surmontée d'une couche de matières grisâtres et solides, enfin au-dessus est la graisse, liquide d'une belle couleur jaune ambrée.

Pour la soutirer, on peut employer un siphon ou mieux disposer dans le bac même un tube en bois, droit et ouvert en haut; ce tuyau traverse le fond du bac et se rend aux réservoirs de dépôt. Le niveau de haut du tuyau est plus élevé que celui de la graisse, mais il suffit d'ajouter doucement de l'eau salée chaude par le bas pour amener la graisse, dont le niveau s'élève, à s'écouler peu à peu par le tuyau.

Cette graisse qui vient d'être agitée, contient encore quelques impuretés à l'état de suspension ; on l'envoie dans des bacs de repos en tôle étamée. Ce sont des réservoirs cylindriques ou carrés chauffés dans un bain-marie afin de conserver la graisse à l'état de fusion.

Après deux ou trois heures de repos, les membranes plus lourdes se déposent au fond des bacs et l'on soutire la graisse par un gros robinet en bronze étamé ou en alliage à base d'étain; il est toujours important dans cette fabrication d'éviter le contact prolongé du cuivre ou du fer avec la graisse fondue qui parfois peut être acide ou qui en tout cas pourrait se colorer au contact des métaux.

Le suif liquide et chaud est reçu dans des seaux à bec

et on va le verser dans des caisses de tôle de forme rectangulaire avec une légère dépouille et dont la contenance totale est de 20 à 40 litres. Ces moulots sont rangés sur des étagères dans une chambre légèrement sombre et dont la température est entretenue à 30° environ. Cette température est un peu plus basse que celle de la fusion, de sorte que la masse se fige peu à peu mais très lentement et qu'il se produit alors une sorte de cristallisation.

On perçoit en effet à la main ou à la dégustation la présence de matières solides ou sableuses dans un milieu liquide onctueux ou oléagineux.

Après 24 heures de repos dans les cristallisoirs, on enlève le contenu des moulots et on le porte à la salle des presses hydrauliques.

Là les cristaux imprégnés d'une matière huileuse sont répartis dans des toiles que l'on replie sur chaque charge. Chaque toile reçoit de 700 grammes à un kilog. de matière au plus et les sacs ainsi fabriqués d'une manière sommaire sont répartis par quatre sur des plaques d'acier étamé chauffées préalablement à la température de 40° environ tout simplement dans un bain d'eau tiède.

On empile ces plaques sur le plateau de presses hydrauliques et on donne la pression d'une façon lente et graduelle.

Il s'écoule alors à l'extérieur un liquide jaune ambré dont la température est de 35° à 40°; c'est l'oléo-margarine que l'on enfûte dans quelques usines avec des précautions plus ou moins mystérieuses, mais qu'on nous a prié de ne pas révéler.

L'oléo-margarine est terminée : conservée dans les fûts sous nos climats, elle redevient solide ou tout au moins pâteuse et reste longtemps sans altération. La

proportion de cette oléo-margarine est d'environ 50 % du poids des graisses mises en travail.

On obtient comme résidus accessoires des membranes grisâtres qui contiennent des graisses de qualité inférieure; on les traite à l'acide ou aux alcalis pour en retirer les corps gras qui sont employés à la fabrication des bougies ou des savons.

Dans le travail à la presse hydraulique, il reste comme résidu dans la toile un gâteau de stéarine dont le poids représente à peu près 25 % du suif employé.

Cette stéarine est bien blanche, si la quantité de matière pressée n'a pas été trop considérable. Si l'on avait mis dans le sac de toile trop de graisse cristallisée, l'oléine n'aurait pas pu s'échapper et l'on aurait encore des traînées jaunâtres tachant le gâteau.

Les proportions de stéarine et d'oléo-margarine dependent de la pression et surtout de la température des sacs pressés.

La pression est poussée jusqu'à 400,000 kilos pour les quatre sacs, ce qui correspond à plus de 200 atmosphères; plus la température est élevée, plus la proportion d'oléo margarine augmente.

La stéarine résidu est vendue au degré c'est-à-dire à la température de fusion; ce degré est d'autant plus élevé que la pression a été opérée à plus haute température, et dans ce cas la proportion d'acide stéarique contenue est plus grande.

On emploie la stéarine brute ainsi obtenue soit dans la fabrication des bougies, soit dans le but d'élever le point de fusion des saindoux et d'en faciliter ainsi le transport et la conservation.

Toutes les manipulations successives que nous avons énumérées s'accomplissent dans les meilleures conditions de propreté et de soins.

L'oléo-margarine préparée avec des suifs frais est douce au goût, elle fond dans la bouche puisqu'on l'a débarrassée, par la pression, de la matière moins fusible, la stéarine, qui la rendait sableuse et donnait à la dégustation la sensation d'une sauce figée; elle est d'une belle couleur jaunâtre et sans odeur bien sensible.

C'est une graisse alimentaire excellente et saine; sa fabrication est intéressante, puisqu'elle donne de la valeur à un produit naturel dont on ne saurait guère tirer parti maintenant que le gaz, l'électricité, les bougies à bas prix sont venus bouleverser les conditions des vieilles industries des chandelles et de la stéarinerie.

La fabrication de l'oléo-margarine est un bienfait pour l'agriculture, puisque le cultivateur peut retirer de ce chef un produit plus considérable de la vente de ses bestiaux. Nous allons voir qu'elle a rendu service à l'alimentation populaire en permettant la préparation d'un produit sain, très propre, un succédané du beurre avec toutes les propriétés de ce précieux aliment sans en atteindre le prix toujours un peu élevé pour les petites bourses.

Fabrication de la margarine proprement dite. — Nous avons dit ce que l'on appelait margarine dans le commerce; le nom adopté ne correspond pas à la dénomination scientifique qui s'applique à l'éther formé par l'acide margarique et la glycérine mais l'habitude commerciale a prévalu et l'on désigne sous le nom de margarine le beurre artificiel dont la base est l'oléo-margarine.

Les matières ajoutées diffèrent : nous pouvons prendre comme type la fabrication dans laquelle on emploie pour donner à l'oléo le parfum du beurre naturel, le lait ou la crème et même le beurre.

L'opération du mélangeage de ces différentes matières est l'inverse de celle du barattage que l'on pratique en

laiterie; il s'agit de réincorporer le beurre dans une masse liquide; on y parvient à l'aide d'une agitation énergique accomplie soit dans une baratte ordinaire soit dans une baratte spéciale.

Dans le premier cas on se sert de la baratte normande tournant au maximum possible de vitesse 80 ou 100 tours, on munit ces barattes de batteurs assez développés et, on les remplit presque entièrement avec un mélange de 300 k^os d'oléo, 75 k^os de beurre et 100 litres de lait, l'oléo a été préalablement fondue au bain marie et on s'arrange de façon à obtenir un mélange d'une température de 30° environ. L'agitation dure une heure, elle est plus rapide et accomplie dans de meilleures conditions de régularité avec l'emploi d'une baratte spéciale : celle-ci consiste en un bac rectangulaire dont les deux petits côtés sont disposés en demi-cercle; la longueur totale maxima est à peu près la somme des diamètres. Aux deux centres ainsi déterminés correspondent deux axes verticaux armés de palettes à leur partie inférieure.

Les deux axes sont par l'intermédiaire d'engrenages d'angle animés de mouvement de rotation en sens inverse et les palettes sont disposées de manière à se croiser dans leur mouvement. Il en résulte un battage ou une agitation très énergique et facile.

Toute la baratte établie en tôle est entourée d'une double enveloppe également en tôle et l'intervalle est rempli avec de l'eau dont on règle la température à volonté.

Quand l'agitation paraît avoir produit un mélange parfait, on fait écouler le contenu par un gros robinet placé au bas du premier bac.

D'une façon ou de l'autre, on s'est procuré une mixture homogène mais qui a une tendance très prononcée

à se séparer de nouveau, ce qui détruit tout le travail accompli. On parvient cependant à conserver la structure au mélange pâteux, en le saisissant brusquement par un refroidissement dans de l'eau glacée; mais il faut pour ainsi dire que l'eau pulvérise le mélange d'oléo et de beurre et pour cela on injecte l'eau sous pression de 2 à 3 atmosphères dans le courant de la matière qui s'écoule de la baratte. Dans ce cas, la margarine est instantanément figée en petits grains sphériques solides qui ne peuvent plus changer de structure. La margarine ainsi glacée est entraînée par le courant d'eau froide et chemine de chute en chute dans des caisses de bois côte à côte avec le courant d'eau glacée qui l'accompagne.

Elle arrive finalement dans un grand bac de bois où elle se rassemble à la surface de l'eau qui s'écoule constamment par un trop-plein muni d'un grillage pour arrêter les substances solides.

On puise alors la margarine dans des cuillères ou dans des caisses à claire-voie pour lui faire subir un premier égouttage qui la débarrasse de la plus grosse partie de l'eau interposée; enfin on la jette dans une caisse de bois dont le fond, percé de trous, est recouvert d'une fine toile de batiste et on abandonne le tout au repos pendant douze heures au moins dans un endroit maintenu très frais. La margarine prend du corps et de la consistance à mesure que l'eau s'écoule et il ne reste plus pour obtenir un produit marchand qu'à lui faire subir un malaxage ou un pétrissage dans les grands appareils déjà employés dans l'industrie du beurre.

Cette margarine préparée avec tant de soins, avec une propreté que l'on rencontre encore rarement dans les laiteries est un produit d'une belle couleur jaune appétissante, son odeur est suave et aromatique, son goût franc et agréable, elle semble si naturelle que pres-

que tout le monde y est trompé. Bien des experts même l'ont prise pour du beurre véritable et lui ont donné dans les concours des récompenses qui ont fait la joie des intéressés.

Ces prix décernés à tort ne devraient pas être regrettés, ils sont la preuve de l'existence d'un produit bon et sain, appelé à rendre les plus grands services dans l'alimentation populaire puisqu'il peut être vendu à un prix inférieur à celui du beurre naturel.

Il est très malheureux que ce produit si salutaire ait été l'origine de fraudes nombreuses précisément à cause de son bon marché. On a mélangé cette margarine à des beurres et vendu ces mélanges nouveaux comme beurres naturels.

Ces manipulations frauduleuses ont été faites presqu'au grand jour par quelques négociants peu scrupuleux, et le mal a été d'autant plus grand que l'analyse chimique restait impuissante et que l'on ne trouvait pas de moyens commodes et infaillibles de différencier la margarine et le beurre.

Elles ont été pratiquées également dans les fermes. Dans certains pays beurriers, les fermiers se sont procurés non seulement de la margarine mais des huiles de coton ou d'arachide, des graisses de porc ou de veau etc., et les fraudes se pratiquent maintenant avec des matières extrêmement diverses que l'on ajoute dans la baratte au moment du travail de la crème.

Le législateur a cru que des menaces étaient suffisantes et il a dans les différentes nations édicté des pénalités sévères contre les fraudeurs; mais les lois sont restées sans effet comme elles étaient sans certitude; on a préféré à juste raison laisser échapper de nombreux coupables plutôt que de risquer de condamner des innocents et les manœuvres frauduleuses se sont éten-

dues chez nous en France, en particulier au grand détriment de notre commerce national; nos exportations ont diminué tout d'abord et elles n'ont repris que lorsque nos industriels, mieux éclairés, ont compris qu'ils faisaient fausse route et que leurs fraudes déloyales se retourneraient contre eux.

Fraudes des beurres. — De nombreux moyens avaient cependant été proposés pour découvrir ou doser la margarine dans les mélanges. Ils sont basés sur les faibles écarts qui existent dans les propriétés physiques et chimiques des beurres et des graisses. Nous allons passer en revue les principales méthodes proposées : les méthodes que l'on pourrait appeler physiques sont basées sur les différences de densités, de degrés de fusion ou d'indice de réfraction des graisses.

Nous n'avons pas beaucoup à insister sur les procédés qui ont pour point de départ l'examen du point de fusion, les falsifications pouvant se faire avec les matières les plus diverses, il est évident que le fraudeur pourra s'arranger à avoir un point de fusion déterminé et le procédé n'a aucune valeur; nous serions presque tentés de formuler la même conclusion sur l'examen des densités.

Voici comme renseignement les densités des beurres et des graisses à différentes températures.

Températures.	Graisses.	Oléo.	Margarine.	Beurre naturel.
35°	0.9019	0.9017	0.9019	0.9121
50°	0.8923	0.8921	0.8921	0.9017
60°	0.8859	0.8857	0,8858	0.8948
70°	0.8795	0.8793	0.8793	0.8879
80°	0.8731	0.8729	0.8728	0.8810
90°	0.8668	0.8665	0.8663	0.8741
100°	0.8605	0.8601	0.8598	0.8672

Nous avions trouvé dans nos premières recherches au sujet de notre procédé d'analyse à :

35°	0.898	0.906
	Margarine.	Beurre.

Il est évident que ces différences peuvent tenir aux échantillons employés.

Quoi qu'il en soit, le tableau précédent dû à Konigs nous fait voir que les différences de densité du beurre et de l'oléo vont légèrement en diminuant avec les températures.

à 35° la différence est	0.0104
et à 100° elle est	0.0071

Mais qu'elles restent si faibles qu'elles sont de l'ordre des erreurs possibles : les expérimentateurs savent combien il est difficile de déterminer la densité d'un corps gras en fusion dont on connaît certainement mal la température.

En passant en revue les principaux procédés d'analyse récemment proposés, nous insisterons sur les procédés d'analyses chimiques.

Méthode Mayer. — Le professeur Adolphe Mayer, de la station agricole de Wageningen (Hollande), a publié en 1885, une méthode d'essai basée sur la différence de composition qui existe entre le beurre naturel et le beurre artificiel.

M. Mayer dit que l'émulsion artificielle de graisse préalablement fondue ne peut être aussi complète que l'émulsion naturelle et que la différence persiste dans la crème et dans le beurre.

Il se propose donc de distinguer d'une manière prompte et facile le beurre de la margarine mélangée avec

plus ou moins d'huile d'arachide et aussi de reconnaître dans quelle proportion le beurre artificiel a été mélangé.

Il opère de la manière suivante : on met 6 grammes de beurre à examiner dans une éprouvette avec 12 centimètres cubes d'eau alcalinisée au moyen de deux gouttes de solution de soude caustique à 2 % ou d'ammoniaque à 6 %. On agite fortement le mélange puis on chauffe l'éprouvette dans un bain-marie, jusqu'à 37° centigrades. On agite encore l'émulsion que l'on verse ensuite dans un entonnoir muni d'un bouchon à la partie inférieure. On lave cette émulsion dans un courant d'eau à 37 degrés jusqu'à ce que l'eau devienne comme du blanc d'œuf.

Si le beurre est naturel, on trouve sur les parois de l'entonnoir une masse caséeuse finement divisée tandis qu'avec un mélange de moitié de beurre artificiel on constate la présence de globules de graisse que l'on a déjà observés pendant le lavage de l'émulsion.

Cette méthode n'a pas donné de très bons résultats à notre connaissance.

Procédés rapides d'essais des beurres. — L'analyse chimique étant longue et délicate, on a cherché des procédés plus rapides d'examen donnant non pas un dosage exact mais une présomption de la fraude commise dans le cas d'additions assez fortes de matières étrangères.

L'appareil de Drouot est fondé sur les différences d'aspect que présentent les graisses et les beurres lors de leur refroidissement : le beurre naturel reste toujours limpide et si on l'a fondu dans une capsule métallique brillante, on le voit lors de sa prise composé d'une couche limpide d'un beau jaune à travers laquelle on aperçoit une légère couche de liquide blanchâtre qui est composée de la caséine, du sel et des matières étrangères en dissolution dans l'eau mécaniquement incorporé. L'as-

pect de la margarine est tout autre, lors de son refroidissement, elle apparaît sous forme d'un corps cristallisé, elle est opaque et blanc jaunâtre. Selon l'aspect que présente un beurre à essayer, on peut à l'appréciation estimer si ce beurre est ou non margariné. Entre les mains de l'inventeur, ce petit appareil très simple a quelquefois donné de bons résultats, mais en général on ne peut guère compter sur ses indications : les substances ajou-

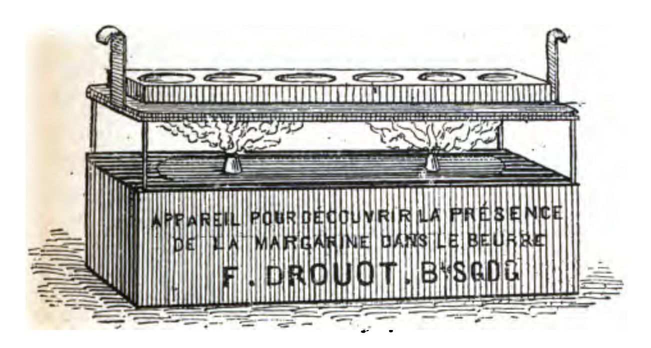


Fig. 92. — Appareil Drouot ; échelle $\frac{1}{5}$.

tées frauduleusement au beurre sont extrêmement nombreuses et variées, et quelques-unes, les huiles entr'autres, ne présentent pas du tout l'apparence opaline dont la margarine offre le type. L'emploi de ce margarimètre a souvent conduit à des conclusions erronées.

On peut le conserver comme guide, s'en servir à titre de renseignements, dans ce cas c'est un appareil utile et rapide, mais il est absolument nécessaire de contrôler ses indications par une autre méthode plus scientifique de l'emploi de laquelle il ne peut certainement dispenser.

Nous pourrions répéter les mêmes conclusions au

sujet de l'appareil dit ***vérifie-beurre***, appareil basé sur l'étude des odeurs différentes des graisses qui brûlent, et du procédé de Van Lookeren et Gersings qui consiste à faire chauffer la graisse suspecte et à en projeter quelques gouttes sur la surface d'eau distillée bouillante. Selon la forme de la goutte, on peut, à ce que prétendent les auteurs, conclure à la présence de tel ou tel corps ajouté au beurre. Ces méthodes n'ont, ainsi que nous nous en sommes assuré, absolument aucune valeur.

Les recherches de M. Bockairy, chimiste au laboratoire municipal présentent beaucoup plus d'importance et d'intérêt. Ce chimiste a découvert que le beurre dissous dans la benzine, l'éther ou le toluène précipitait par l'alcool à un certain degré d'hydratation.

Entre tous les corps gras, c'est le beurre qui nécessite le plus d'alcool pour la précipitation, c'est lui qui, à égalité de conditions, laisse déposer la plus petite couche inférieure qui est, soit liquide, soit floconneuse.

Il faut d'abord faire fondre le corps gras pour en séparer l'eau, après fusion tranquille et complète, on décante la couche graisseuse surnageante et on en prélève 10^{cc} que l'on mélange avec 20^{cc} de benzine, on mélange en agitant et l'on ajoute de l'alcool à 96°, jusqu'à ce qu'à la température de 18°, il se produise un trouble dans l'éprouvette.

Quand ce point de précipitation est atteint, on place le vase dans un bain d'eau à +12° et au bout d'une heure, la séparation est terminée; on note le volume de la couche inférieure.

Les chiffres résultant de nombreuses expériences de M. Bockairy prouvent qu'en partant du beurre jusqu'à l'oléomargarine par des mélanges intermédiaires, le volume d'alcool nécessaire à la précipitation est de moins en moins considérable, tandis qu'au contraire le volume

du précipité ou de la couche liquide augmente régulièrement.

En adoptant le toluène comme dissolvant, voici le mode d'opération : on mélange 15^{cc} de la graisse fondue et décantée à 15^{cc} de toluène pur, puis on verse à la température commune de 18°, 40^{cc} d'alcool à 96°; le toluène contenant en dissolution une partie du corps gras, se précipite au fond du vase.

On chauffe alors l'éprouvette dans un bain-marie à 50° et on mélange par l'agitation les deux couches de liquide. Si le beurre est pur, le mélange maintenu pendant une demi-heure à la température de 40° ne se trouble pas; s'il y a un mélange de graisse étrangère le liquide se trouble et laisse déposer un précipité. Ce dépôt est très considérable puisque pour l'oléo il peut atteindre 21^{cc} et 24^{cc} pour la graisse de bœuf; le beurre ne donne rien, quelquefois un léger trouble mais le précipité est nul.

Le volume du liquide séparé va en augmentant régulièrement avec la proportion des graisses étrangères ajoutées.

M. Bockairy pense que les beurres qui donnent un trouble avec 40 ^{cc} de l'alcool à 96°, sont probablement adultérés : il n'hésite pas à déclarer falsifiés ceux dont le précipité dépasse 2 à 3 ^{cc}.

Ce chimiste a étudié du reste un assez grand nombre de graisses, l'oléo et la margarine (ces deux substances sont-elles les mêmes?) l'huile d'olive, les graisses de bœuf, de veau, de mouton et de porc, toutes nécessitent moins d'alcool que les beurres pour la précipitation, toutes donnent un précipité bien plus considérable que le beurre, 30 à 40 ^{cc}, alors que le beurre ne se trouble pas ou que le précipité n'atteint au maximum que 8^{cc}, et peut-être encore pour des beurres dont la pureté n'est pas certaine.

Ces recherches mériteraient d'être confirmées, le procédé de M. Bockairy est simple et pratique. Il nécessite à la vérité une petite manipulation préalable, mais presque toutes les recherches s'opèrent ainsi sur le beurre débarrassé de l'eau et des matières contenues.

Il est indispensable dans la plupart des essais d'analyser un mélange de corps gras et non pas de ces corps additionnés d'autres substances hydratées ou minérales.

Ordinairement on pratique cette épuration en fondant le beurre et le maintenant quelque temps à l'étuve. Cette opération exige un assez long séjour à la chaleur avant que la séparation ne soit complète : nous arrivons beaucoup plus rapidement à un résultat qui nous paraît même plus complet en turbinant le beurre fondu soit au lactocrite, soit mieux au contrôleur de Fjord. Lefeldt avait construit autrefois pour cet usage un petit appareil à main qui ne donne qu'une séparation imparfaite parce que la vitesse n'est pas suffisante. Le contrôleur de Fjord, que l'on fait tourner dans l'écrémeuse B à une vitesse de 4000 tours par minute ou de 40 à 50 mètres par seconde, donne une séparation si complète des éléments en présence, que nous avons pu appliquer cette méthode à un véritable dosage. Il suffit de turbiner le beurre pendant une heure pour diviser la matière en ses trois principales parties constituantes : au bas du tube se trouve une couche liquide transparente qui contient quelquefois un léger précipité ; au-dessus est une émulsion blanchâtre qui fond peu à peu à la chaleur ; ce sont de très petits globules de matière grasse qui la composent en majeure partie. On a donc à la partie inférieure une couche d'eau, c'était l'eau mécaniquement interposée dans le beurre, et elle se trouve dans ce turbinage si nettement séparée qu'on peut en doser la proportion en plaçant les beurres dans des

tubes gradués ; enfin la couche supérieure est constituée par la matière grasse. Cette séparation ne peut s'opérer que sur la matière grasse fondue; il est donc nécessaire de la pratiquer à une température moyenne supérieure à 30°. Dans les analyses de lait par le contrôleur de Fjord, on conseille de mettre de l'eau chaude, dans l'écrémeuse et de faire tourner le tout ensemble tubes et eau, mais il arrive que cette eau se refroidit par le mouvement de l'air surtout; et qu'après quelques minutes, la matière grasse est à peu près figée, ou que dans l'opération ordinaire, relative à la crème, le lait s'écrème plus difficilement.

Nous avons pallié à ces inconvénients en renouvelant l'eau chaude pendant la marche, et cela à volonté d'une manière continue. Nous conservons les deux tubes de prise; nous injectons de l'eau chaude par le tube à crème débarrassé de son bec d'acier et nous retirons l'eau froide par le tube à lait. Il est du reste préférable pour cette manœuvre de se faire confectionner un tube à crême dont la courbure est dirigée en sens inverse de son profil ordinaire, afin d'éviter le jaillissement, fig. 93.

Procédé R. Lezé. — Nous avons essayé, d'après des idées préconçues sur la structure ou la composition du beurre, de séparer cette matière en plusieurs de ses éléments constituants en la soumettant à l'action d'une force centrifuge énergique. Les résultats obtenus n'ont pas été tout à fait ceux que nous espérions, mais en tout cas l'expérience a justifié les prévisions d'une séparation. Nous nous sommes toujours servis du contrôleur de Fjord.

A l'aide de cette disposition de chauffage que nous

(1) Pour l'analyse du lait par le contrôleur de Fjord, le procédé de réchauffage que nous indiquons est particulièrement efficace, la séparation de la crème est beaucoup plus rapide.

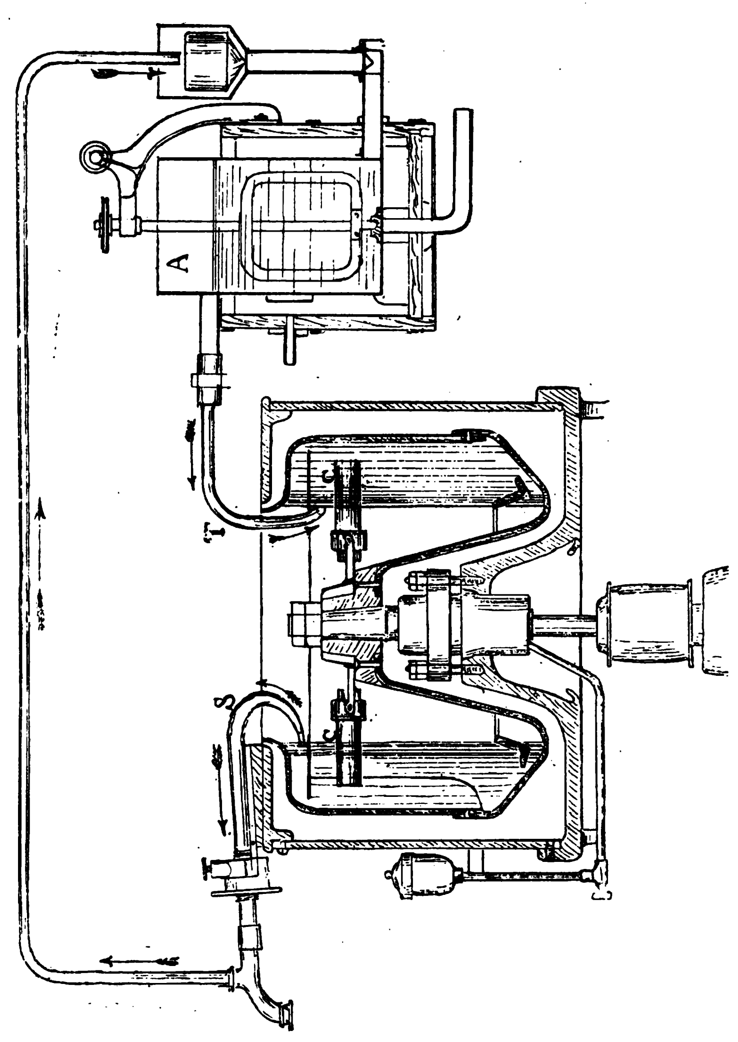


Fig. 93. — Contrôleur de Fjord pour les analyses de lait ou de beurres; disposition donnant une température constante.

avons imaginée, on peut régler la température des tubes du contrôleur à 1° ou 2° près; et en la conservant à + 35° environ, on est certain que les beurres ou les graisses restent fondues.

On met dans les tubes ou dans des tubes spéciaux une quantité quelconque de la matière à essayer qui n'a besoin de subir aucun apprêt ni aucune purification. Puis on soumet tous les échantillons à une rotation énergique prolongée pendant une heure au moins, à la vitesse de 4000 tours par minute. Les tubes parcourent 250 kilomètres environ. En les retirant encore chauds, on les laisse refroidir dans une position verticale, et en les examinant on constate que dans les beurres purs la proportion de matière grasse est moins grande, proportionnellement, que dans les mélanges margarinés.

Il se fait une émulsion blanchâtre au-dessus de l'eau séparée.

Cette émulsion est nulle ou à peine visible dans les oléo ou dans les margarines de commerce; elle est au contraire très grande dans le beurre; de sorte que si on prend son rapport à la quantité de matière grasse, ce rapport est nul dans les margarines et maximum dans les beurres purs.

En suivant toujours l'ordre d'idées de ces recherches dont le principe est de séparer l'eau pour mettre en évidence les propriétés de la matière grasse, nous sommes arrivé à un dispositif plus simple et à une méthode plus rapide.

Nous nous servons de petits tubes de verre gradués en c. c. : la partie inférieure 3^{cc} environ est rétrécie et porte les dixièmes; on y verse 1^{cc}, 5 d'un sirop de sucre que l'on prépare soi-même en mettant du sucre dans l'eau, puis on chauffe ces tubes au bain-marie et on y ajoute du beurre, qui fond à mesure, jusqu'au trait 10^{cc}.

On bouche, on agite pour mélanger le sirop et le beurre; on remet quelque temps au bain-marie et on observe les matières lorsqu'elles se sont classées par ordre de densité.

Dans le beurre pur, la matière grasse est limpide et transparente, l'émulsion blanchâtre occupe $1^{cc},5$ environ; la margarine ne donne aucun précipité blanchâtre, elle présente nettement le phénomène de la surfusion; les beurres margarinés donnent une émulsion faible; la matière grasse reste trouble et on y constate le phénomène de la surfusion si la proportion de margarine dépasse 20 %.

Cette petite expérience au sirop de sucre permet de décéler 15 % de margarine ou d'oléo dans le beurre.

Nous avons fait avec ce procédé de nombreuses analyses et vérifications, et l'application nous en semble simple et pratique tout en donnant des résultats assez satisfaisants.

Il présente l'avantage de permettre de conserver les échantillons que l'on peut alors soumettre aux intéressés. Dans cette méthode comme dans celle de l'oléoréfractomètre, il nous paraît sage de ne considérer les résultats obtenus que comme une indication. Un beurre soupçonné doit toujours être ensuite examiné à l'analyse chimique.

Oléoréfractomètre E. H. Amagat et Ferdinand Jean. — L'oléoréfractomètre E. H. Amagat et Ferdinand Jean est un appareil d'optique destiné à l'essai des huiles, du beurre, des matières grasses concrètes et qui peut être utilisé pour déceler les falsifications auxquelles sont soumises un grand nombre de matières. Il est fondé comme le réfractomètre de Abbe sur la détermination de l'indice de réfraction des corps considérés.

L'appareil consiste en une cuve circulaire métallique *cc*, munie de deux tubulures opposées *tt'* et fermées par deux glaces parallèles, *gg'*. Sur les tubulures sont

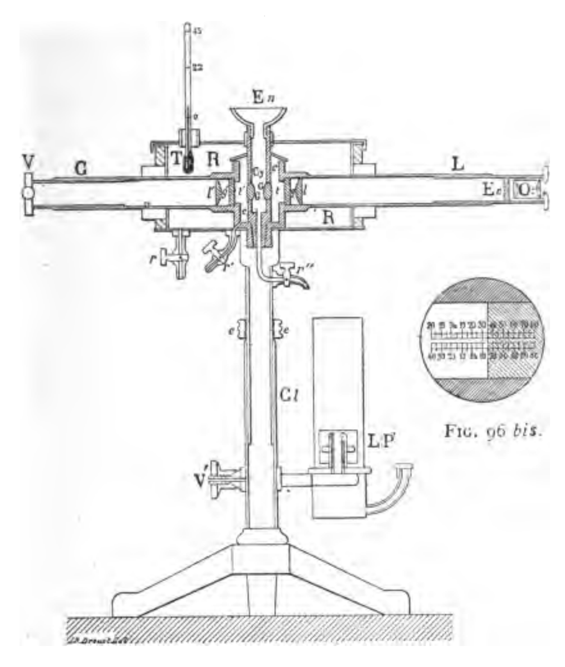


Fig. 94. — Oléoréfractomètre.

vissées dans le prolongement l'un de l'autre, un collimateur C et une lunette L.

Au centre de la cuve circulaire est fixé un petit cylindre *c y*, en métal argenté, creux, dans les parois duquel sont mastiquées deux glaces GG' formant un angle déterminé.

Une échelle photographique double (fig 94) transparente, à divisions arbitraires, placée devant l'objectif, à l'intérieur de la lunette (E*c*), et sur laquelle vient se projeter l'image fournie par le collimateur, sert de mesure.

Cette image est produite par le bord vertical d'un volet partageant le champ en deux parties, l'une sombre, l'autre lumineuse, dans la direction de la flamme d'une lampe.

L'appareil est complété par des robinets de vidange $r' r''$, par un réservoir d'eau RR, avec robinet de vidange, *r*, et thermomètre T et par une petite lampe mobile L. P. servant de régulateur de température.

Au moyen d'une vis de rappel, il est facile de déplacer le volet lorsqu'on fait le réglage de l'appareil.

La mise au zéro peut être faite avec un liquide quelconque; mais les déviations observées varient naturellement avec le liquide qui remplit la cuve.

Le liquide type employé par M. Ferdinand Jean pour déterminer la déviation des huiles, des matières grasses concrètes est du beurre, et une huile à réfraction nulle, préparée spécialement : il est donc important, si l'on veut utiliser les tables et les données établies par M. Ferdinand Jean, de se servir du type qu'il a été conduit à adopter après de longues recherches.

Pour l'examen du beurre et des matières grasses concrètes, comme le saindoux, le suif, l'oléoréfractomètre est réglé toujours avec la même huile type, sur le zéro B de l'échelle (fig. 94 *bis*) et le réglage et les observations sont faites à la température de 45 degrés.

Dans ces conditions, le beurre pur dévie de — 35 degrés, tandis que la margarine Mége-Mouriès, par exemple, dévie seulement de — 15 degrés.

Toutes les huiles végétales donnant de fortes dévia-

tions à droite, c'est-à-dire en sens contraire de la déviation produite par le beurre pur, les oléo-margarines contenant du sésame ou du coton donnent encore un plus grand écart et les falsifications opérées avec ces substances sont d'autant plus faciles à reconnaître.

C'est avec la matière grasse du beurre convenablement purifiée que l'on fait l'examen du beurre à l'oléo-réfractomètre. Pour obtenir cette matière, le beurre est fondu, filtré sur une mousseline, dissous dans l'éther, lavé deux fois à l'eau tiède, séparé de l'éther par évaporation et desséché lentement jusqu'à 110 degrés.

Il faut éviter dans la préparation des échantillons du beurre destiné à être examiné à l'oléoréfractomètre, de surchauffer le beurre et même de le maintenir longtemps en fusion; on a reconnu en effet que sous l'action de la chaleur la composition du beurre se modifie de façon à influencer légèrement la déviation.

Avec l'oléoréfractomètre on peut déceler facilement les falsifications du saindoux par la margarine de coton ou par le suif en utilisant les différences de déviations. Le saindoux pur donnant — 12°5 et le coton + 20°, une addition de 5 % de coton dans le saindoux est encore très facile à déceler par une diminution de 2°,5 dans la déviation du saindoux.

La falsification par addition de graisse animale, de suif par exemple, est indiquée par une augmentation gauche de la déviation.

L'oléoréfractomètre permet de différencier les graisses animales : le suif de bœuf donne — 16°; celui de mouton — 20°, celui de veau — 19°, le suif de place — 17°; le suif de la Plata — 19°. Parties égales de suif de bœuf et de suif de mouton donnent la déviation du suif de place; il est donc possible avec cet appareil de reconnaître la fraude des suifs destinés à la stéarinerie, ce qui

est fort intéressant pour cette industrie; en effet depuis que la fabrication de la margarine est devenue très importante, il arrive que certains fondeurs, après avoir pressé le suif pour en extraire l'oléine, ramènent le suif pressé au titre du suif de place en l'additionnant de petits suifs, graisses vertes, suifs d'os, et même de suintine, qui ne fournissent pas le rendement voulu en acides concrets et donnent des produits de qualité inférieure, difficiles à travailler.

Procédé de M. Muntz. — L'auteur a eu l'excellente idée de doser en volume les acides gras isolés et séparés des acides volatils; on dose seulement les acides insolubles.

M. Müntz opère à la température de 100°; le beurre est fondu dans des tubes éprouvettes plongés dans de l'eau bouillante et on prélève une quantité déterminée de beurre, 20^{cc}, avec une pipette qui donne cette capacité à la température de 100°. On ne retire la pipette que lorsque l'équilibre des liquides est bien établi et on la retire en prenant soin de l'essuyer aussitôt pour ne pas avoir un excès de beurre mesuré. On laisse alors écouler le contenu de cette pipette dans un ballon de 300 à 400^{cc} de capacité et muni de deux tubulures parallèles : l'une dirigée suivant un rayon est destinée à recevoir la pipette et plus tard à évacuer les acides gras, l'autre est destiné à amener l'eau qui déplacera mécaniquement les acides dont il faut mesurer le volume.

Cette disposition ingénieuse fait pressentir la marche à suivre dans l'analyse : il faudra préparer les acides, les isoler et les mesurer ensuite dans un vase gradué spécial.

La préparation des acides se fait par les méthodes ordinaires. Après avoir lavé la pipette qui a servi à in-

troduire le beurre avec quelques gouttes d'éther qui, par la suite, dans les liquides chauds, s'évapore très vite, on introduit dans le ballon 5^{cc} d'une dissolution de potasse dans la même quantité d'eau, 1 pour 1 et 60^{cc} d'alcool à 84°. On agite vivement pour mélanger et on transporte le ballon dans un bain-marie d'eau bouillante. Au bout d'une heure, l'alcool est évaporé et la saponification est complète; on dissout le savon formé dans 100 à 150^{cc} d'eau distillée et enfin on isole les acides gras au moyen d'acide chlorhydrique pur, 20^{cc} environ, que l'on introduit par le tube de la pipette.

Les acides se rassemblent, mais ils sont mélangés avec les acides volatils dont on peut se débarrasser par l'ébullition prolongée ou par le lavage. M. Müntz préfère avec raison ce second procédé qui est plus sûr et il effectue le lavage dans le ballon même ; on colore les acides gras par quelques gouttes d'une dissolution d'orcanette dans le sulfure de carbone, on agite après avoir ajouté à plusieurs reprises de l'eau que l'on siphonne ensuite par un tube très étroit que l'on enfonce dans le liquide. Il est très facile de reconnaître s'il y a un entraînement d'acides gras, grâce à la coloration rouge qu'on leur a communiquée. On répète ces lavages à l'eau bouillante jusqu'à ce que toute réaction acide ait disparu.

Alors on rassemble avec soin tous les acides gras en une seule masse, on va chercher par des mouvements du ballon les petits grains qui se seraient isolés, et finalement on réunit par des tubes de caoutchouc le tube du milieu à un tube gradué qui sert de mesureur et le tube latéral à une pissette pleine d'eau bouillante. En faisant arriver l'eau chaude dans le ballon, les acides montent peu à peu et pénètrent par déplacement dans le vase de jauge.

Le mesureur consiste en une pipette dont la tige su-

périeure est graduée en fractions de centimètres cubes. Comme la mesure doit se faire à chaud, cette pipette est renfermée dans un gros tube de verre dans lequel on fait passer de l'eau chaude. Les acides gras se réunissent avec la plus grande facilité et on constate du reste sans peine le moment où la réunion est complète grâce à la coloration rouge des petites bulles graisseuses.

M. Müntz a calculé les proportions d'acides gras insolubles fournis par les beurres usuels et le volume de ceux que donne la margarine. Son éprouvette porte directement des graduations correspondantes, puisque c'est presque toujours la margarine qui fait l'objet des recherches ; cette division est des mieux appropriées. Il a fait marquer 0 au beurre pur, 100 à la margarine, et l'intervalle est divisé en 100 parties qui correspondent à un taux donné de margarine.

Cette méthode nous paraît fort à recommander ; les lavages sont faciles et la proportion d'acides se lit sans erreur possible. Il est certain d'autre part que l'on obtient la même exactitude que par les méthodes des pesées dont nous allons nous occuper maintenant et que ce dosage par volume reste cependant plus expéditif.

Nous avons, dans la description du procédé de M. Müntz, glissé assez rapidement sur la manière d'obtenir la saponification des acides gras ; nous devons y insister davantage, car elle est une des principales difficultés de toutes les méthodes de dosages des acides insolubles ou volatils.

La purification des beurres par la fusion et la filtration est commune à tous les procédés ; nous n'avons pas à y insister.

Hehner et Angell, qui ont donné la marche générale plus ou moins modifiée plus tard par les différents chi-

mistes, opèrent la saponification en présence de l'alcool : ils prélèvent 4 ou 5 grammes de la graisse purifiée, les placent dans une petite capsule avec 50^{cc} d'alcool et 1 à 2 grammes de potasse caustique, puis on chauffe pendant quelques minutes. La saponification est assez rapidement faite, mais en tout cas il est bon de s'assurer qu'elle est terminée en ajoutant quelques gouttes d'eau qui ne doivent produire aucun trouble.

Alors pour chasser l'alcool, on évapore au bain-marie et on reprend le résidu complètement dépourvu d'alcool par 100 ou 150^{cc} d'eau.

On décompose ensuite les savons par l'acide chlorhydrique ou par l'acide sulfurique étendu et en excès. Les acides gras se séparent et montent à la surface ; peu à peu, ils se rassemblent et forment une couche claire, huileuse, surnageant une solution aqueuse parfaitement limpide.

On filtre dans un entonnoir à filtration chaude sur du papier Berzélius épais et préalablement lavé ; on continue à laver à l'eau chaude jusqu'à ce qu'il n'y ait plus de réaction acide ; alors on arrête les lavages et l'on place les acides que l'on a laissés se solidifier dans une capsule que l'on porte à l'étuve pour provoquer une dessiccation complète. Cette opération nécessite 7 à 8 heures ; après ce temps et lorsque deux pesées consécutives donnent le même chiffre, on note le poids des acides ainsi isolés.

On a modifié, comme nous l'avons dit, ce procédé de Hehner et Angel sans en changer le principe : on peut saponifier par une dissolution alcoolique toute préparée ou bien par une dissolution dans l'eau et l'on n'ajoute l'alcool qu'après évaporation. On peut précipiter les savons par du sel marin dissous dans l'eau avant la décomposition acide.

Dalican, chimiste français, a indiqué une manière de procéder tellement pratique qu'elle a été adoptée dans

les laboratoires pour les analyses industrielles. On prélève 10 grammes de beurre fondu et filtré et on les fait couler dans un verre de Bohême de 300^{cc} de capacité; on ajoute alors 80^{cc} d'alcool à 80° et 12 à 15^{cc} d'une dissolution de soude caustique à 50 %.

Le verre est placé dans un bain-marie chauffé pendant cette addition; on agite doucement en maintenant la température aux environs de 75° pendant une demi-heure environ; la solution alcoolique doit être limpide, ne pas se troubler par l'addition de l'eau; si le beurre est pur, elle dégage une agréable odeur d'ananas due probablement à la présence de l'éther buthylique. On continue à évaporer complètement pour chasser l'alcool, on reprend ensuite d'abord par l'eau et après dissolution complète, par l'acide chlorhydrique étendu de quatre fois son volume d'eau; on ne verse l'acide que petit à petit et toujours en agitant chaque fois.

Les acides gras se rassemblent à la surface en un liquide clair et huileux, et si la décomposition a été bien menée, l'opération complète, il ne doit rester aucun point blanc dans la masse.

Le flacon dans lequel on a exécuté la réaction est maintenu une demi-heure au bain-marie puis on le laisse refroidir en le plongeant dans l'eau froide. Le gâteau d'acide gras est brisé avec un agitateur et toute la masse jetée sur un filtre sans plis; on lave à l'eau bouillante en agitant doucement la couche d'acide et on renouvelle cette addition d'eau jusqu'à disparition de toute réaction acide. Ces lavages sont très longs et assez minutieux, car il faut éviter toute déperdition d'acide gras.

Lorsqu'ils sont terminés, les corps gras sont repris et rassemblés dans une capsule que l'on porte à l'étuve et on chauffe vers 100° jusqu'à ce que deux pesées consécutives donnent le même résultat.

Ces divers procédés donnent les acides insolubles dans l'eau et ceux-ci peuvent être pesés ou mesurés.

Un chimiste allemand Heintz a proposé de les évaluer en dosant la quantité de potasse qu'ils exigent pour se saponifier. Plus les acides gras sont à poids moléculaire élevé, moins ils exigent de potasse, et par conséquent le beurre qui contient quelques-uns des premiers acides de la série grasse exigera plus de proportion de base que la margarine. Bien entendu on ne titre pas les acides eux-mêmes, mais bien la proportion d'acide énergique chlorhydrique ou sulfurique qui est restée libre après la mise en liberté des acides gras.

Nous ne pouvons nous empêcher de remarquer que ce procédé n'est pas encore entièrement satisfaisant; les quantités d'un alcali, la potasse par exemple, à ajouter pour la neutralisation sont bien peu différentes les unes des autres. Les écarts sont même si faibles qu'il nous semblerait très imprudent de conclure à une falsification sur les résultats donnés par une analyse de cette sorte.

Le beurre pur traité par une solution alcoolique de potasse à 28,5 par litre, 25^{cc}, puis titré par l'acide chlorhydrique à 18 gr. 25 par litre donne en retranchant de 25^{cc} le nombre de centimètres employés, la quantité de potasse qui a été entraînée par les acides gras du beurre : elle varie de 221 milligrammes à 232,1, et l'oléomargarine donne 155,5 milligrammes, le suif 196,8. Les écarts sont presque de l'ordre de ceux qui peuvent se présenter pour le beurre. L'auteur prétend que toutes les fois que l'échantillon examiné demande moins de 221 milligrammes, on peut le considérer comme falsifié.

Méthode de M. Duclaux. — M. Duclaux dose les acides gras volatils, et cette préférence nous paraît parfaitement justifiée. La proportion des acides fixes

varie dans des limites assez étroites et elle dépend bien certainement de la race des vaches, du climat et de la nourriture.

Il est difficile de conclure à une fraude lorsque cette proportion est un peu trop forte, et c'est cependant ce qui a été admis pendant longtemps. Ce taux pour cent des acides fixes est ordinairement inférieur à 88, mais il est des beurres qui normalement dépassent cette limite, et les beurres de Bretagne sont dans ce cas.

Il est certain d'autre part que l'oléomargarine peut être préparée de plusieurs façons différentes et contenir alors des proportions variables d'acides gras fixes. L'oléo, ainsi qu'on le voit au chapitre de la préparation de la margarine, est obtenue par pression à chaud. Les premières portions écoulées de la presse contiennent une assez forte quantité d'acide stéarique, tandis que les dernières qui s'écoulent à des températures de 25 à 30° sont de tous points comparables au beurre; on aperçoit tout l'aléa, tout le danger des conclusions à établir sur des dosages des acides gras insolubles, d'autant plus que l'écart avec la margarine moyenne n'est que de 4 à 6 %.

Comme dans le procédé de Kœttstorfer, on peut dire que l'écart entre la margarine et le beurre moyen est pour les acides gras de l'ordre des écarts qui existent entre les différents beurres.

Le dosage des acides volatils présente au contraire dans les différents types des écarts énormes; la margarine n'en contient pour ainsi dire pas, le beurre en renferme de 4 à 5 %. Il semble que dans la nature, il se forme dans la résorption de la graisse lors de la lactation un abaissement de la molécule que nos moyens sont impuissants à imiter. Ces transformations aboutissent à une sorte d'oxydation, la molécule renfermant propor-

tionnellement d'autant plus d'oxygène que son poids atomique est moins élevé.

Récemment M. Violette a proposé de doser ces acides volatils en les entraînant par un courant de vapeur d'eau : il dose ensuite dans le liquide distillé l'acidité totale par une liqueur titrée de soude. Mais il opère sur des quantités énormes de beurre 50 gr. par analyse, qui donnent alors, comme conséquence, des quantités trop fortes de liquide condensé, une dizaine de litres ; et malgré tout l'intérêt qui s'attache à ces études consciencieuses, nous regardons ce procédé comme d'une exécution assez difficile et sujet à erreurs entre des mains moins habiles que celles du savant doyen de la faculté du Nord.

« *Dosage des acides gras volatils* ». — *Procédé Duclaux* (1). — Pour mettre en liberté ces acides, on saponifie le beurre par la potasse, comme dans le procédé de Hehner et Angell. Mais il faut renoncer à l'emploi simultané de l'alcool, recommandé par ces chimistes pour rendre l'opération plus rapide. Il se forme et se perd toujours alors, par l'évaporation, de petites quantités d'éther butyrique dont on a le droit de ne pas tenir compte quand on veut seulement la proportion d'acides fixes, mais qu'on ne peut plus négliger dans la recherche des acides volatils. En l'absence d'alcool, la saponification est un peu plus pénible et plus longue : voici pourtant comment on peut la conduire pour la faire le plus rapidement possible.

Dans un vase cylindrique de Bohême taré, et dont la tare devra être faite chaque fois, à cause des pertes de substance qu'il subit pendant l'opération, on pèse une certaine quantité de beurre. Une analyse préalable donne ce que ce beurre représente de matière grasse. On peut

(1) Duclaux, *le Lait*.

aussi, si on veut éviter cette analyse préliminaire, fondre le beurre au bain-marie, sans agiter, le laisser fondre pendant quelques heures et décanter ensuite le beurre surnageant sur un filtre placé dans un entonnoir à filtrations chaudes.

Le beurre qui filtre contient souvent encore un peu d'eau, 0,1 ou 0,2 %, mais cette cause d'erreur est négligeable.

Le beurre pesé en poids de 3 à 5 gr., on ajoute une solution de potasse concentrée, de façon à introduire environ 1 gr. 5 de potasse caustique pour 5 gr. de beurre. On ajoute quelques fragments de pierre ponce pulvérisée, pour régulariser l'ébullition, et on dispose le vase de Bohême sur un mince jet de gaz brûlant en veilleuse, de façon à évaporer en une demi-heure environ l'eau de dissolution de la potasse. Il se fait, pendant ce temps, un commencement de saponification. Si l'on agite alors au moyen d'une spatule, on peut, grâce au savon formé, faire avec le beurre non décomposé et les dernières portions de liquide alcalin, une émulsion solide qui répartit également la potasse dans la masse. On laisse le tout se dessécher et rester à la température voisine de 100°, en éloignant le vase de la flamme, de façon à ce qu'il n'y ait pas de décomposition ignée. C'est dans ces conditions que la saponification est la plus rapide. Elle est déterminée en une heure au plus, pendant laquelle on n'a d'autre souci que de rajouter de temps en temps quelques gouttes d'eau, pour éviter que le mélange ne se calcine par places. Mais il faut, avant d'aller plus loin, s'assurer si la saponification est complète.

On ajoute pour cela 10 à 15^{cc} d'eau, qui se saturent de savon, et laissent flotter à leur surface une couche gélatineuse qu'on mélange avec soin pour la rendre

homogène, en même temps qu'on ajoute de l'eau, de façon à la ramener à un très petit volume, qui rassemble à la surface, sous forme d'émulsion, tout ce qu'il peut y avoir de globules gras non dissous. En relevant alors la petite spatule de platine qui a servi à brasser le mélange, elle doit emporter avec elle une couche glaireuse transparente, et même brillante quand elle est chaude. Le moindre trouble, la moindre couche témoigne qu'il y a encore beaucoup de globules gras en suspension. Cette première épreuve ne suffit pas. Il peut y avoir encore des globules épars en trop petit nombre pour troubler sensiblement la transparence du mélange. On laisse refroidir la couche adhérente au platine, et on en détache un fragment, gros comme une petite tête d'épingle, qu'on porte sur la lame porte-objet d'un microscope avec une gouttelette d'eau. En chauffant sur le bec de gaz en veilleuse, on dissout le fragment de savon, on le couvre d'une lamelle, et on l'examine au microscope.

Le liquide ne doit contenir aucun globule gras reconnaissable à sa forme sphérique et à son pouvoir réfringent. Les lamelles de savon mal dissoutes sont toujours faciles à distinguer, à cause de leur forme irrégulière et de leurs bords frangés.

Quand cette épreuve délicate réussit, on ramène dans le vase de Bohême, à l'aide de quelques gouttes d'eau tiède, la parcelle de savon restée sur les verres de l'observation microscopique, et on ajoute la quantité d'eau suffisante pour dissoudre à chaud tout le savon.

On a taré, d'un autre côté, sur une balance ordinaire, avec 120 gr. par exemple, une fiole en verre de Bohême de 250^{cc} environ, dans laquelle on introduit par des lavages successifs tout le savon obtenu. On ajoute ce qu'il faut d'acide sulfurique pour saturer et même rendre

un peu acide la quantité de potasse employée, et on complète à 110^{cc} le volume du liquide, abstraction faite des acides gras qui viennent nager à la surface. On arrive à ce résultat grossièrement, mais d'une façon suffisante, en s'arrangeant de façon à ce que le poids total des matériaux contenus dans la fiole égale 110 gr., plus le poids total du beurre et du sulfate de potasse, atteigne, par exemple, 115 gr. si on a opéré sur 3 gr. 5 de beurre. On peut alors admettre qu'il y aura dans le ballon 110^{cc} de liquide tenant en dissolution les acides gras.

Ce chiffre est arbitraire, mais il permet d'utiliser les remarques et les tables que M. Duclaux nous a laissées sur ce sujet et pour lesquelles nous renvoyons à son ouvrage spécial sur le Lait. Il est évident que ce dosage des acides volatils est intéressant et instructif. Il est, comme tous les autres procédés, soumis aux mêmes incertitudes, car nous ne possédons pas un nombre suffisant d'analyses de beurre, pour que, ne connaissant pas les provenances d'un produit, on puisse, d'après la quantité d'acide volatil, affirmer qu'il est ou non margariné. M. Duclaux n'a du reste proposé ce procédé que pour l'analyse du beurre et non pour la recherche de la fraude.

Répression des fraudes dans le commerce des beurres. — Pour terminer cette étude, il n'est pas sans intérêt d'enregistrer les efforts du législateur pour arriver à réprimer les fraudes.

Les lois des différents pays édictées sur la matière feront bien ressortir la difficulté de la question.

Nous pouvons dire immédiatement que ces lois restent partout à l'ordre du jour, parce qu'elles sont insuffisantes ou inefficaces, parce que les fraudes deviennent de plus en plus hardies, plus ingénieuses et plus habiles.

En France, on se préoccupe de remanier la loi de 1887

qui est manifestement défectueuse en quelques-uns de ses points.

France. — Loi du 14 mars 1887. Dispositions principales.

Art. 1er. — Il est interdit d'exposer, de mettre en vente ou de vendre, d'importer ou d'exporter, sous le nom de beurre, de la margarine, de l'oléomargarine, et, d'une manière générale, toute substance destinée à remplacer le beurre, ainsi que les mélanges de margarine, de graisse, d'huile et d'autres substances avec le beurre, quelle que soit la quantité qu'en renferment ces mélanges.

Art. 2. — Seront punis d'un emprisonnement de six jours à 6 mois et de 50 à 3,000 francs d'amende, ceux qui auront sciemment contrevenu aux dispositions de l'article premier.

Toutefois, seront présumés avoir connu la falsification de la marchandise ceux qui ne pourront indiquer le nom du vendeur ou de l'expéditeur.

Art. 3. — Les substances ou les mélanges frauduleusement exposés, vendus, mis en vente, importés ou exportés, restés en la possession de l'auteur du délit, seront confisqués.

En cas de récidive dans l'année qui suivra la condamnation, le maximum de l'amende sera toujours appliqué et le jugement toujours publié et affiché.

Art. 6. — Tout marchand au détail de margarine, d'oléomargarine ou de substances ou mélanges destinés à remplacer le beurre, devra informer l'acheteur que la substance ou le mélange par lui vendu n'est pas du beurre, en le livrant dans un vase, flacon ou enveloppe, portant en caractères apparents les mots : « *margarine, oléomargarine* ou *graisse alimentaire* ».

Art. 5. — Tout fabricant, marchand en gros, expé-

diteur ou consignataire de margarine, d'oléomargarine ou de substances similaires, sera tenu de les placer dans des fûts ou récipients marqués en caractères apparents, imprimés ou creusés au feu, des mots : « ***margarine, oléomargarine*** ou ***graisse alimentaire*** ».

Art. 6. — Les fabricants, marchands, expéditeurs ou consignataires de margarine, oléomargarine ou de substances similaires, devront indiquer sur les factures, lettres de voiture, connaissements, etc., pour chaque envoi de marchandises de ce genre, que les marchandises ainsi expédiées sont vendues comme margarine, oléomargarine, graisse alimentaire.

Tout voiturier et toute compagnie de transport par terre ou par eau devront reproduire cette désignation dans leurs livres, factures et déclarations ou manifestes.

Art. 7. — Ceux qui auront contrevenu à ces dispositions seront punis d'un emprisonnement de six jours à un mois, et d'une amende de 25 à 1,000 francs, ou de l'une de ces deux peines seulement.

Art. 8. — En cas de récidive dans l'année qui suivra la condamnation, le maximum de l'amende sera toujours appliqué.

Un décret du 8 mai 1888 détermine par un règlement d'administration publique le mode et les conditions de la vérification à laquelle il devra être procédé, en ce qui touche notamment les marchandises en transit par les agents des douanes ou des contributions indirectes; il sera procédé à cette vérification sans frais et sans entraves ni retard pour l'expédition des beurres.

Cette loi n'a pas donné les résultats attendus et il est depuis longtemps question de la remanier.

Il est évident qu'elle serait utilement modifiée s'il existait un procédé absolument certain de découvrir les fraudes.

La commission du Parlement, la société des agriculteurs de France et quelques chimistes éminents, à la tête desquels se trouvent M. Müntz, travaillent depuis longtemps à l'étude comparative des procédés que nous avons décrits; mais jusqu'à présent aucune des méthodes proposées ne leur a donné satisfaction complète et certitude absolue.

Angleterre. — Loi du 23 août 1887.

Art. 1er. — Cette loi, désignée sous le nom de *Margarine act* 1887, est entrée en vigueur le 1er jour de janvier 1888.

Le mot « *beurre* » signifie la substance connue ordinairement comme beurre, faite exclusivement avec du lait ou de la crème, ou avec l'un et l'autre, avec ou sans sel ou autre conservateur, avec ou sans addition de matière colorante.

Le mot « *margarine* » signifie toutes les substances, soit sous forme de composés ou autrement, préparées en imitation du beurre, et soit mélangées ou non avec du beurre; aucune substance de ce genre ne pourra être vendue légalement, excepté sous le nom de margarine et aux conditions imposées par la présente loi.

Toute margarine importée dans le Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande et toute margarine importée ou fabriquée à l'intérieur du royaume, toutes les fois qu'elle sera expédiée par un moyen public de transport, devra être dûment déclarée comme margarine, et il sera permis à tout fonctionnaire autorisé, de se procurer des échantillons pour l'analyse, s'il a des raisons de croire que les dispositions de la loi sont enfreintes sur ce point.

Toute personne faisant le commerce de margarine soit en gros ou en détail, soit comme fabricant, importateur, consignataire, agent de commission ou autrement, qui

sera trouvé coupable d'une infraction à la présente loi, sera passible, sur déclaration sommaire de culpabilité, d'une amende n'excédant pas 20 livres pour le premier délit; d'une amende n'excédant pas 50 livres pour le second délit, et d'une amende n'excédant pas 100 livres pour le troisième ou tout délit subséquent.

Toutes les poursuites exercées en vertu de la présente loi, sauf ce qui est expressément modifié par elle, devront être les mêmes que celles prescrites sur la vente des denrées alimentaires et des drogues.

Allemagne. — Loi sur les succédanés du beurre, approuvée le 12 juillet 1887.

Art. 1er. — Les locaux de commerce et autres lieux de vente et de marché dans lesquels de la « *margarine* » est vendue ou mise en vente doivent porter d'une manière apparente en caractères distincts et indélébiles les mots: « *Vente de margarine* ».

Au sens de la présente loi seront comprises sous le nom de « *margarine* » les préparations similaires de beurre de lait dont les éléments ne proviennent pas exclusivement du lait.

Art. 2. — Est prohibé le mélange de beurre avec de la margarine ou autres graisses de table ayant pour but le commerce de ces mélanges, ainsi que le trafic ou la mise en vente desdits mélanges.

Cette disposition ne s'applique pas à l'emploi de lait et de crème dans la préparation de la margarine, pourvu, toutefois, que pour 100 parties de graisses ne provenant pas du lait on n'emploie pas plus de 100 parties, en poids, de lait, et 10 parties, en poids, de crème.

Art. 3. — Les vases ou enveloppes dans lesquels de la margarine est vendue ou mise en vente devront être munis, d'une manière apparente, d'une étiquette visible et indélébile portant le mot « *margarine* ». Si de

la margarine est vendue en petits barils ou en caisses, cette étiquette devra en outre porter le nom ou la raison sociale des fabricants.

Lorsqu'elle est vendue en détail, la margarine doit être livrée à l'acheteur dans une enveloppe portant imprimé le nom ou la raison sociale du vendeur.

Si de la margarine est vendue ou mise en vente en pains de forme régulière, ceux-ci doivent avoir la forme de cubes, portant l'étiquette ci-dessus indiquée, s'ils ne sont pas dans des enveloppes pourvues de ladite étiquette.

La violation des dispositions de la présente loi sera punie d'une amende n'excédant pas 150 marcs ou de l'emprisonnement; pour un second délit, une amende n'excédant pas 600 marcs ou un emprisonnement ne dépassant pas trois mois sera infligé.

La présente loi est en vigueur depuis le 1er octobre 1887.

Danemark. — Loi en vigueur depuis le 1er mai 1887.

Art. 1er. — Quiconque fabrique du beurre artificiel doit produire une description écrite du mode de fabrication et doit mettre en vente le produit final dans des vases d'une forme différente de celle des baquets dans lesquels on vend ordinairement le beurre. Ces vases devront être marqués avec le mot « *margarine* », conformément aux instructions du ministre de l'intérieur.

Art. 2. — Ceux qui font le commerce de beurre artificiel, soit en gros, soit en détail, doivent mettre leur marchandise dans des vases spéciaux. Le commerce du beurre artificiel ne peut se faire que dans les endroits clairement indiqués par le ministre comme places où la « *margarine* » peut être vendue.

On ne doit pas vendre de beurre véritable dans ces

endroits. Le commerce de beurre artificiel ne peut se faire ni sur les marchés ni sur les navires.

Art. 3. — L'exportation de beurre artificiel dans des vases autres que ceux spécialement faits pour contenir cette espèce de marchandise est punie de l'emprisonnement.

Art. 4. — L'importation de cette substance est également punissable.

Art. 5. — Tous les documents décrivant le beurre artificiel doivent le désigner sous le nom de « *margarine* ».

Art. 6. — La fabrication, la vente, l'importation ou l'exportation de tout mélange de beurre avec du beurre artificiel, de l'oléomargarine, ou du lard, est punissable d'emprisonnement.

Art. 7. — Il est interdit, sous peine de punition, de fabriquer, de vendre, d'exporter ou d'importer du beurre artificiel ayant la couleur ordinaire du beurre de laiterie.

Art. 8. — Un service d'inspecteurs est institué pour veiller à l'exécution de la présente loi, à Copenhague et dans les provinces.

Art. 9. — L'inspecteur aura le droit de pénétrer à tout moment dans une fabrique de beurre artificiel, de faire l'essai du produit et d'examiner la description écrite du mode de fabrication indiquée en l'art. 1er.

Art. 10. — Le ministre de l'intérieur nommera un service chimique pour aider les inspecteurs dans leur tâche.

Norwège. — Règlement du 30 décembre 1886.

Suède. — Une ordonnance royale du 2 octobre 1885 comprend sous le nom de margarine tout beurre artificiel composé de graisse, ne provenant pas de lait. La marchandise doit être désignée comme telle, nette-

ment et visiblement, dans la vente, à l'importation et à l'exportation, comme sur les lettres de voiture.

Le mode de recherche du beurre artificiel a été publié le 13 octobre 1885 par le Comité d'administration de l'Académie royale d'agriculture de Suède.

Art. 10. — L'importation de graisse de margarine des pays étrangers est prohibée.

États-Unis d'Amérique. — L'État de Massachusetts, celui de New-York et d'autres ont édicté différentes lois concernant la vente du beurre, de l'oléomargarine, du fromage, etc. Mais le sénat et la chambre des représentants des États-Unis d'Amérique, réunis en congrès, ont approuvé, le 2 août 1886 une loi définissant le beurre, taxant et réglant la fabrication, la vente, l'importation et l'exportation de l'oléomargarine.

Cette loi est définitive et applicable dans toute l'étendue des États-Unis.

Il y est stipulé :

Que le mot *beurre* sera compris comme signifiant le produit alimentaire connu d'ordinaire comme beurre, et qui est fait exclusivement avec du lait et de la crème, ou avec les deux, avec ou sans sel commun, et avec ou sans matière colorante artificielle.

Que certaines substances fabriquées, certains extraits et certains mélanges et composés, y compris ceux de ces mélanges et composés dans lesquels entre du beurre, seront connus et désignés sous le nom d' « *oléomargarine* », c'est-à-dire toutes les substances connues jusqu'ici comme oléomargarine, huile d'oléomargarine, butterine, lardine, etc. ; tous les mélanges et composés d'oléomargarine, huile d'oléomargarine, butterine, lardine, etc. ; tous les extraits de lard et tous les extraits de suif; tous les mélanges de suif, de graisse de bœuf, de graisse de rognons, lard, huile de lard, huile végétale,

rocou et autres matières colorantes, graisse intestinale et graisse de rebut, faits en imitation ou ressemblance de beurre, ou, lorsqu'ainsi faits, ils sont combinés ou destinés à être vendus comme beurre ou pour du beurre.

Des taxes spéciales sont imposées aux fabricants d'oléomargarine qui devront se conformer aux ordonnances réglant la fabrication et la vente de ce produit.

Toute oléomargarine doit être emballée par le fabricant dans des barils, baquets ou autres emballages estampillés, timbrés et marqués à chaud.

Tout fabricant d'oléomargarine doit fixer solidement au moyen de colle de pâte, sur chaque colis contenant de l'oléomargarine fabriquée par lui, une étiquette sur laquelle, outre le numéro de la fabrique, le nom du district et de l'État dans lesquels elle est située, seront imprimés les mots : *Avis :* « *Le fabricant de l'oléomargarine ci-incluse s'est conformé à toutes les exigences de la loi* ». Personne ne doit se servir de nouveau de cet emballage et du timbre qui est dessus, ni enlever le contenu sans détruire ledit timbre, sous peine des punitions prévues.

Les contraventions aux règlements édictés sont punies sévèrement. L'amende peut s'élever jusqu'à 5,000 dollars et l'emprisonnement jusqu'à trois ans.

TROISIÈME PARTIE

LES FROMAGES

CHAPITRE PREMIER

GÉNÉRALITÉS. — ACTION DE LA PRÉSURE SUR LE LAIT. — ÉTUDE DU CAILLÉ

Industrie fromagère. — *Généralités.* — Ainsi que nous l'avons dit dans un chapitre précédent, le lait se coagule ou tourne soit spontanément, soit sous l'influence d'un assez grand nombre de substances, telles que les acides ou la présure.

Dans la précipitation le caillé qui se forme, englobe non seulement presque toutes les substances azotées, mais encore une forte proportion de la matière grasse avec un peu de lactose et une certaine quantité des sels contenus dans le lait.

Ce précipité renferme donc pour ainsi dire toutes les matières utiles du lait, car il ne reste dans le liquide qui le baigne que du sucre de lait dont la valeur alimentaire est assez faible, et en plus de petites proportions de matières azotées, grasses ou salines.

Or le caillé est déjà beaucoup plus facile à manier, et à transporter que le lait primitif, et si l'on continue à se placer au point de vue qui nous occupe dans ce livre, on comprend que la préparation du caillé est des plus rationnelles.

Le caillé, c'est du lait débarrassé de son eau, c'est la partie active ou nutritive condensée sous un petit volume; le lait était un aliment extrêmement altérable, le caillé lui, travaillé de différentes façons, pourra se conserver beaucoup plus longtemps, se transporter à moins de frais, et contribuer ainsi à assurer à des populations éloignées les bienfaits d'un aliment que la nature peut leur avoir refusés.

Il est évident que ces avantages ne pourront s'acquérir sans quelques dépenses et sans quelques inconvénients; les précipitations ne sont pas complètes et on ne recueille pas tout à fait dans la fabrication des fromages toutes les matières contenues dans le lait; la fabrication comporte des pertes ou des déchets et elle donne comme résultat un produit qui ne ressemble plus guère au lait qui a servi de matière première.

La fabrication du fromage n'est donc pas à conseiller en thèse générale; elle peut être établie dans des localités éloignées des centres de consommation ou bien dans des pays produisant par suite d'un ensemble de circonstances locales des laits plus spécialement convenables à la préparation de certains types de fromages renommés.

C'est ainsi que, dans quelques parties de la Normandie, on fabriquera avec avantage ces camemberts au goût délicat si apprécié des consommateurs; en Suisse, ce sera le gruyère ou l'emmenthal qui donneront les plus grands profits.

Il faut bien remarquer immédiatement que si la fa-

brication du fromage est rationnelle au point de vue alimentaire, elle présente quelques inconvénients pour la culture.

L'exportation des fromages fait en effet disparaître de la ferme les éléments azotés qui assurent la fertilité du sol; il faudra dans certaines circonstances veiller à ce que les terres ne s'appauvrissent pas à la suite de la disparition progressive de ces matières utiles; il serait nécessaire de restituer au sol les éléments exportés par une addition d'engrais appropriés, de lui redonner des phosphates et de la potasse, en même temps que de l'azote, si la végétation paraissait souffrir des prélèvements faits par les animaux.

La proportion d'azote enlevée est facile à évaluer. Un litre de lait contient environ 45 gr. de caséine; et pour une vache ou une vache et demie par hectare, c'est une disparition de 10 à 15 kil. d'azote par an.

La fabrication de tous les fromages a pour point de départ la préparation du caillé; le traitement du précipité obtenu, les manipulations et les fermentations auxquelles on le soumet différencient surtout les sortes de fromages.

Suivant une quantité de circonstances diverses qui sont les habitudes des localités, les réputations des produits, on fabriquera telle ou telle sorte de fromages, et le nombre de ces variétés est extrêmement considérable.

Pour mettre de l'ordre dans leur description, nous commencerons par étudier d'une façon générale les grandes lignes de la fabrication, c'est-à-dire les propriétés et la préparation du caillé, puis le traitement ou l'affinage.

Dans un grand nombre de cas, la précipitation et quelquefois le travail se font à chaud; puis le caillé est pressé pour expulser le petit lait interposé et enfin,

la masse séchée est soumise à des traitements ou à des fermentations.

Nous aurons donc à examiner dans cette étude, l'agent et les conditions de la précipitation, les modes d'actions de la présure, puis les appareils de chauffage et les moulins à caillé, enfin les presses et l'installation des chambres et des caves.

C'est à ce moment que nous parlerons des fermentations et des phénomènes de transformation qu'elles produisent.

Étude de la présure.

Il existe, avons-nous dit, un assez grand nombre de substances qui produisent la précipitation du caillé; les matières acides, l'alcool, certains sucs de végétaux, ceux du *Ficus carica* entre autres, les fleurs d'artichaut, les oseilles, etc., ont la propriété de déterminer la coagulation du lait; mais leur action est parfois incertaine, beaucoup d'entre elles communiquent au produit leur goût particulier, et industriellement parlant leur emploi est limité à des cas assez rares. Ce n'est guère que pour les fromages non fermentés, c'est-à-dire pour les caillés à consommer presque immédiatement, que l'on emploie la chardonnette ou d'autres caille-lait.

En industrie, on se sert toujours de présure, soit seule, fabriquée par des hommes spéciaux ou par les ouvriers, soit de présure additionnée de lait aigri qui contribue probablement par son acide lactique à hâter la précipitation.

On donne le nom de *présure* à la dissolution dans des véhicules appropriés d'une substance azotée particulière, d'un ferment non figuré qui se trouve tout formé dans le quatrième estomac des jeunes veaux.

Le quatrième estomac des bovidés est celui qui ressemble le plus à l'estomac des monogastriques au point de vue de la structure et des fonctions.

Il est placé immédiatement avant l'intestin, c'est le plus éloigné de l'œsophage dont il est séparé par le rumen, le réseau et le feuillet. Le dernier estomac auquel on donne le nom de caillette, précisément à cause des propriétés de son ferment, est tapissé à l'intérieur par une muqueuse spongieuse et rougeâtre, repliée un grand nombre de fois sur elle-même en feuillets mous et mobiles.

Cette membrane, traitée par l'eau, donne une solution qui a la propriété de cailler le lait, mais qui se décompose et se corrompt facilement par suite de la présence de matières mucilagineuses fermentescibles; semblable inconvénient ne se présente pas si l'on opère sur des caillettes séchées.

On choisit, pour la préparation de la présure, les estomacs de veaux très jeunes et autant que possible n'ayant pas été sevrés, car la quantité de ferment fournie diminue très notablement avec l'âge de la bête et le commencement de la nourriture végétale.

Les estomacs de veaux de lait sont vidés des matières contenues, gonflés après ligature et abandonnés à une dessiccation spontanée pendant trois mois au moins; on traite ensuite ces caillettes par l'eau pure légèrement acidulée ou salée : une solution contenant 3 ou 5 % de sel de cuisine, est à l'état de concentration le plus favorable à l'opération, quoique les industriels tendent maintenant à employer des dissolutions beaucoup plus concentrées.

On commence par supprimer dans les caillettes sèches, la portion qui ne contient pas de feuillets et celle qui avoisine le pylore, puis on coupe ou on hache le

restant du tissu, et ce sont ces morceaux que l'on met à macérer dans l'eau salée.

Il est bon d'ajouter un peu d'acide borique ou d'alcool; on peut par exemple employer les formules suivantes :

100 grammes de fragments de caillettes sont mis à macérer dans un litre d'eau contenant 50 grammes de sel et 40 grammes d'acide borique. On laisse le tout ensemble à la température ordinaire, en remuant de temps en temps; après cinq jours on ajoute 50 grammes de sel et on filtre après quelque temps de repos : cette préparation donne une présure qui à 35° coagule 18000 fois son poids de lait aussitôt après sa préparation.

On peut, si l'on veut préparer la présure à l'alcool, traiter les 100 grammes de caillette par un litre d'eau contenant 50 grammes de sel de cuisine.

Après cinq jours, on ajoute encore 50 nouveaux grammes de sel puis 100 à 110 centimètres cubes d'alcool ordinaire, à 90° ou 92°. On filtre et on complète à un litre par l'addition d'une dissolution contenant 10 pour cent de sel et 8 à 9 % d'alcool.

Cette présure correspond au bout d'un certain temps à la force la plus usitée dans le commerce : 1 à 10,000.

Les formules que nous donnons peuvent être évidemment plus ou moins suivies, nous avons analysé des présures contenant jusqu'à 18 % de sel, quelques fabricants ajoutent à tort des acides minéraux à leur présure, d'autres l'additionnent d'un peu d'acide salicylique qui contribue à une bonne conservation.

Il existe dans le commerce des présures beaucoup plus fortes que celles dont nous parlons, nous n'en conseillons pas l'emploi. Il est d'une importance capitale en fromagerie de mesurer exactement les quantités de présure employées, de les doser toujours les mêmes,

afin d'obtenir la régularité dans les produits. Une petite erreur dans le mesurage d'une présure de 1 à 50,000 est nécessairement tout de suite assez grave; et comme les mesures se font déjà sans grand soin dans la plupart des cas, on s'expose avec ces présures fortes à n'obtenir que des résultats très peu comparables dans les opérations successives.

Nous ne saurions cependant appliquer cette conclusion à la présure solide.

On trouve depuis quelque temps, dans le commerce, des pastilles de présure dont le poids et la composition sont d'une régularité mathématique.

On peut dissoudre dans un poids d'eau connu, mesuré sur une balance par exemple, une, deux, ou un nombre donné de pastilles, et se procurer par là, instantanément, une présure excellente et de force connue.

L'emploi de ces pastilles nous paraît appelé à se généraliser, leur transport et leur conservation sont faciles, la composition ou la force ne varient pas, tandis qu'il arrive assez fréquemment que par suite de manques de soins, de négligences, les bouteilles de présure liquide restent débouchées et alors, sous l'influence des germes de l'air, les solutions se métamorphosent ou se putréfient et la force de coagulation, les propriétés des caillés obtenus sont modifiées d'une manière profonde par ces altérations de la présure.

Il est bon de faire observer ici qu'à supposer que les bouteilles soient conservées dans les meilleures conditions possibles, non entamées même, la force de coagulation de la présure subit, surtout dans les premiers temps qui suivent la fabrication, une rétrogradation sensible; puis au bout de trois mois environ, les modifications s'arrêtent et la présure conserve ensuite longtemps des propriétés à peu près identiques.

Il est donc indispensable pour les fromagers qui ont le souci de leur bonne réputation, de mesurer de temps en temps la force de coagulation de leur présure et de donner aux ouvriers des ordres en conséquence.

Encore une raison de plus pour ne pas employer de présures très fortes dont les variations sont d'autant plus sensibles que la concentration du ferment est plus grande.

Aujourd'hui, on peüt se procurer dans le commerce d'excellentes présures; les fabrications danoises sont très estimées et renommées pour la régularité et la bonne qualité de leurs produits. En France, il est assez difficile de se procurer des caillettes riches en présure, parce que l'on a pour habitude presque générale de tuer des veaux assez vieux et les bonnes caillettes nous viennent de l'étranger.

Quelques fromagers, peu partisans des progrès, s'entêtent à préparer eux-mêmes leur présure : cette manière de faire nous paraît en thèse générale assez critiquable.

Ces fromagers prétendent que les préparations du commerce n'ont ni les mêmes propriétés, ni les mêmes vertus que celles qu'ils fabriquent eux-mêmes.

Il est par exemple très rare de trouver des fromagers suisses qui ne préparent pas leur présure au moment de l'emploi.

Cette préparation sera décrite avec plus de détails au chapitre des fromages cuits; disons seulement maintenant que le procédé de ces ouvriers consiste à faire macérer des caillettes dans du lait aigri, lait qui est le résidu de la fabrication du gruyère et des autres produits consécutifs. Dans ce lait aigri que l'on nomme aisy ou asy, le fromager met une caillette ou 3/4 de caillette par litre.

Une première macération qui dure 24 heures environ, donne de la présure forte, une deuxième faite sur la même caillette donne de la présure plus faible et le fromager mélange ces deux liquides pour arriver à la réaction ou à la force qui lui paraissent nécessaires; quelquefois il fait un essai sur une portion du lait qu'il va employer mais bien souvent cette petite expérience même est mise de côté et le dosage se fait approximativement.

Il serait intéressant de constater si l'acide lactique ou les autres constituants de l'aisy jouent un rôle dans la précipitation ou dans les fermentations ultérieures; cela est possible mais en tout cas, il serait très facile de se servir de cet aisy mélangé à la présure du commerce; on arriverait ainsi à des dosages rigoureux et on éviterait sans aucun doute quelques-unes de ces *fausses pièces* qui compromettent bien vite les bénéfices d'une fromagerie.

Propriétés et action de la présure. — La présure du commerce est un liquide limpide, quand il est bien préparé, sa couleur est légèrement ambrée, l'odeur varie suivant la préparation et les dissolvants.

Les principes actifs qu'elle renferme paraissent comprendre la présure proprement dite et une certaine quantité de pepsine; cette dernière se détruit moins facilement par la chaleur que la présure même et on parvient à les séparer l'une de l'autre par des chauffages ménagés. Le principe actif peut être précipité et isolé par le sous-acétate de plomb ou les alcalis en petite quantité; si la proportion de liqueur alcaline est un peu forte, 2 à 3 % de soude par exemple, toute la présure est détruite. C'est cette altération qui se traduit par une action retardatrice sensible, lorsque l'on emprésure des laits additionnés de carbonate de soude ou de borax.

Lorsque l'on ajoute 3 à 10 millièmes de présure à du lait légèrement chauffé, on constate qu'au bout d'un cer-

tain temps, le lait est devenu d'abord moins fluide puis ensuite s'est pris en masse, on peut incliner le vase qui le contient sans qu'il y ait écoulement. Si l'on vient alors à découper le coagulum, on s'aperçoit qu'il nageait dans un liquide d'abord presque invisible parce qu'il était englobé dans le précipité, mais qui maintenant se sépare du caillé.

Ces phénomènes se suivent d'une manière curieuse au moyen du microscope : si l'on place une goutte de lait sur une plaque de verre légèrement chauffée, puis qu'avec un fil de verre on introduise une légère goutte de présure entre la plaque et le couvre-objet, on ne tarde pas à voir le lait se remplir de granulations qui se contractent au milieu d'un liquide assez clair, l'ensemble fait l'effet d'une dentelle.

Il est très intéressant de remarquer que ces phénomènes sont loin d'être instantanés : le caillement du lait a d'abord demandé d'autant plus de temps que l'on a ajouté moins de présure, puis la séparation du liquide ambiant est elle-même progressive.

Nous avons étudié ces curieuses transformations en précipitant du lait, rompant le caillé et le plaçant ensuite dans un sac de toile maintenu dans le sérum ou wei; le sac était, toutes les demi-heures, retiré du liquide, laissé à égoutter pendant une minute, puis on pesait le vase qui contenait le wei.

En opérant sur un litre de lait, nous avons trouvé les nombres suivants pour le poids de liquide égoutté ou autrement dit pour le poids du wei :

1re	pesée aussitôt après la séparation.	435	grammes.
2e	après une demi-heure.	560	
3e	après une heure.	600	
4e	après une heure et demie.	625	

L'examen de ces chiffres montre que le caillé se contracte d'abord assez vite puis que l'expulsion du liquide se ralentit ; nous avons pu vérifier qu'en conservant le caillé dans le liquide on arrive à une séparation limite ou à un état d'équilibre variable avec les conditions de la précipitation.

Il était utile de savoir si cette expulsion correspondait à un changement de composition du précipité; en réalité la structure seule de ce caillé semble varier; nous avons pris à plusieurs intervalles les densités du wei sans trouver de variations notables, des dosages de cendres totales et d'acide phosphorique ont démontré la même constance de composition à bien peu de chose près, et par conséquent on a affaire dans le cas présent à un phénomène presque exclusivement mécanique : le caillé est pour ainsi dire une éponge qui expulse le liquide dont elle est imprégnée; il ne se produit pas d'osmose sensible.

Les granulations du caillé, réunies les unes aux autres par des parties élastiques, s'agglomèrent peu à peu par la contraction de ces fibres, le volume du caillé diminue.

Mais la marche de ces phénomènes varie beaucoup avec les conditions de la précipitation :

Si l'on emploie relativement beaucoup de présure, le caillé est sec et sa séparation rapide; si la quantité de présure est très faible, le caillé ne se fait qu'après un temps très long et l'exsudation du liquide ne se produit aussi qu'avec une grande lenteur, à supposer, bien entendu, que la température soit toujours la même dans ces opérations comparatives.

Le temps de la coagulation joue un rôle important dans l'industrie, puisqu'il implique, selon qu'il a été plus ou moins prolongé, des propriétés des caillés notablement différentes.

De nombreuses expériences faites par Pouriau, Soxhlet, etc., des remarquables études de M. Duclaux, on peut conclure qu'à la même température et dans de certaines limites de quantités de présure employées, le temps de la coagulation est proportionnel à la quantité de présure ajoutée à une même quantité de lait.

Ainsi, si à la température de 35° un centimètre cube d'une présure coagule un litre de lait en une demi-heure, 2 centimètres cubes amèneront la coagulation en un quart d'heure, etc.

Le produit du temps par la quantité de présure est pour une présure donnée une quantité constante.

Cette loi, ainsi que l'ont montré les ingénieuses expériences du savant M. Duclaux, ne se vérifie qu'entre de certaines limites.

Une très faible quantité de présure peut exister dans le lait sans déterminer de coagulation, mais cette curieuse expérience doit être exécutée avec de minutieuses précautions pour conduire à la conclusion ci-dessus.

M. Duclaux opère sur du lait stérilisé à 115° et il y introduit de la présure débarrassée de tous germes par une filtration à travers un tube poreux ou une bougie Chamberland sous l'influence d'un vide partiel fait dans le ballon.

Ensemencée avec des quantités de présure très faibles à la température de 35° ou 37°, ou avec des quantités assez fortes à des températures plus basses, le lait se conserve pour ainsi dire indéfiniment sans altération; M. Duclaux a démontré que la présure disparaissait peu à peu par oxydation.

Dans l'industrie, ces faits ont leur importance, certains fromages mous se préparent avec de très faibles

quantités de présure et les expériences de M. Duclaux peuvent conduire à expliquer certains accidents qui se produisent quelquefois dans cette fabrication.

L'influence des trop grandes quantités de présure est loin d'offrir le même intérêt pratique.

L'expérience montre que si l'on ajoute des proportions considérables de ferment, le lait ne se coagule pas nettement, mais devient plutôt boueux ou épais; la loi énoncée plus haut n'est donc pas plus applicable dans ce cas que dans le précédent.

Influence de la température. — L'action de la présure varie beaucoup avec le degré de chaleur et ces différences d'actions sont utilisées dans l'industrie pour obtenir tel ou tel résultat; le caillé préparé à chaud est différent du caillé fait à froid et les temps de coagulation ne sont pas non plus les mêmes.

Si l'on étudie l'influence de la température sur le temps de la coagulation, on voit qu'entre de certaines limites qui sont celles de la pratique, la quantité de présure nécessaire à la précipitation est d'autant moindre que la température est plus élevée, cette loi se vérifie assez bien entre 18° environ et 40°.

En dessous de la première limite l'action de la présure est pour ainsi dire nulle. Au-dessous de 10°, peut-être même de 15°, on peut ajouter à du lait des quantités de présure considérables sans qu'il se manifeste aucune action, le lait reste inaltéré. Dans les environs de 40°, un peu au-dessous, peut-être vers 38 ou 35°; on observe un maximum de puissance; au delà l'action décroît presque aussi vite qu'elle avait augmenté et à partir de 55° ou 60° la présure n'agit plus.

Ces actions au-dessus de 40° n'ont jusqu'à présent aucune importance dans la pratique, on ne fait jamais cailler le lait à ces hautes températures, avec la présure

du moins, et les seules limites à considérer sont 20° au minimum et 40° au plus.

La proportionnalité étant admise dans cet intervalle, on peut dire que

La quantité de présure nécessaire pour déterminer la coagulation est en raison inverse de la température.

Nous pouvons réunir ces deux propositions en une formule.

soit

x le temps de la coagulation,
p la quantité de présure à employer,
z la température,

x est d'autant plus grand que la quantité de présure est plus petite et la température plus basse; donc

$$x = \frac{K}{pz}.$$

Cette formule peut être utilement transformée en considérant non pas la quantité de présure à employer pour l'unité de volume du lait, mais bien le volume du lait coagulé par l'unité de volume de présure; cette quantité est proportionnelle à l'inverse de la précédente p, elle représente quelque chose de connu, de palpable, c'est la *force* de la présure.

La formule est alors, en désignant par y cette force et K une constante

$$xz = Ky \text{ (1)}.$$

(1) Cette équation qui est du deuxième degré, représente un paraboloïde hyperbolique : cette surface admet deux systèmes de génératrices rectilignes qui correspondent aux deux lois énoncées plus haut.

Donnons quelques applications de cette formule.

Supposons que nous partions d'une bonne présure du commerce coagulant 10.000 centimètres cubes de lait à 35° en 40 minutes, ou un litre en 4 minutes.

Le temps 40 multiplié par la température 35 égale la quantité de lait 10.000 multipliée par une constante K

$$40 \times 35 = 10.000\ K$$

d'où

$$K = \frac{14}{100} = 0.14.$$

I. Cherchons la quantité de lait que l'on pourra coaguler avec cette présure dans la fabrication du camembert.

Le temps x de la coagulation peut être prolongé jusqu'à 5 heures ou 300 minutes, la température z égale 26°, $K = \frac{141}{100}$.

$$y = \frac{26 \times 300}{K} = \frac{26 \times 300 \times 100}{14} = 55.815.$$

1er système :

$$x = \frac{1}{\alpha}$$
$$z = K\alpha y.$$

Le temps de la coagulation étant le même, la quantité de lait coagulé est d'autant plus grande que la température est plus élevée.

2e système :

$$z = \frac{1}{\beta}$$
$$x = K\beta y.$$

La température étant la même, le temps de la coagulation est proportionnel à la quantité de lait en expérience.

C'est-à-dire que dans ces conditions la force de la présure sera 56.000 environ. Il ne faudra pas tout à fait 2^{cc} de cette présure pour coaguler 100 litres de lait.

II. Prenons comme deuxième exemple le livarot, emprésurage 36°, temps de coagulation une heure et demie, soit 90 minutes.

$$y = \frac{36 \times 90 \times 100}{14} \text{ soit environ 23.000.}$$

III. Enfin considérons un cas pour ainsi dire limite, l'emprésurage des fromages double crème à 20° et pour une durée de coagulation de 24 heures, soit 1440 minutes.

$$y = \frac{20 \times 1.440 \times 100}{14}\ y = 200.000 \text{ environ.}$$

Connaissant la force de la présure, on saura la quantité qu'il en faudra employer et ces calculs sont tous très simples et très rapides.

Supposons que l'on veuille fabriquer du livarot et que l'on possède 300 litres de lait, la force de la présure est 23.000, il en faudra employer un nombre de centimètres cubes égal à $\frac{300.000}{23.000}$ soit 13 à 14^{cc}.

Il est de la plus haute importance pour un fromager de vérifier la force des présures que le commerce fournit; pour cela, il faut déterminer directement le temps de la coagulation sur le lait de la fromagerie.

On se procure un vase de grès compact de 1 à 2 litres de capacité et on l'enferme dans une caisse de bois munie d'un couvercle.

On verse dans le vase de grès un volume connu de lait un peu tiède et après quelques minutes de repos

dans la boîte, on note avec très grand soin la température, il faut pour cela un bon thermomètre à mercure gradué sur le verre, il sert lui-même à agiter le liquide pour en mélanger les couches.

Quand la température est bien uniforme, on ajoute 1^{cc} de présure délayé préalablement dans quelques centimètres cubes d'eau propre et un peu tiède.

Nous conseillons pour ces essais de se procurer par l'entremise d'un pharmacien ou chez un marchand de verrerie pour la chimie, quelques vases de verre et de petites éprouvettes gradués en centimètres cubes pour un volume total de 100^{cc}, ou bien des verres semblables à ceux que l'on emploie en photographie. On commence par préparer soi-même avec la présure à essayer une nouvelle dissolution dix fois plus faible; pour cela on verse dans la petite éprouvette dix centimètres cubes de la présure achetée et on remplit jusqu'à 100^{cc} avec de l'eau bien propre, de l'eau de pluie ou de l'eau distillée si cela est possible.

Dix centimètres cubes de cette nouvelle solution représentent exactement 1 c. c. de présure.

C'est cette quantité type que l'on peut employer pour le lait à essayer, cette même dissolution pourra servir ensuite soit pour cailler le lait, soit pour d'autres essais de vérification.

Quand on a ajouté les 10^{cc} de présure au dixième, on agite avec soin tout le liquide, on mélange bien toutes les parties avec le thermomètre, on note la température et on abandonne le tout à un repos complet en fermant le couvercle de la boîte.

De temps en temps, on regarde où l'on en est, on enfonce doucement et de quelques millimètres seulement la pointe d'un couteau dans le lait et en la remuant latéralement, on voit si le caillé est formé, car dans ce cas

la trace du couteau subsiste et l'on aperçoit dans son sillage un peu de sérum verdâtre.

Cette épreuve donne la force de la présure. On sait qu'un litre de lait, par exemple, a été coagulé en tant de minutes à telle température, mettons 5 minutes à 30°; à 35° et pour 40 minutes, au lieu d'un litre on aurait eu $1.000 \times \frac{40 \times 35}{5 \times 30}$.

Soit environ 9000, c'est la *force* cherchée. Si l'on a de la présure normale, il peut être commode dans la fromagerie de dresser d'avance un tableau donnant les quantités de présure à employer pour des températures assez voisines, l'ouvrier commencera toujours par préparer sa dissolution au dixième, puis il notera la température et consultera son tableau pour connaître la quantité de présure à ajouter.

Prenons pour exemple la fabrication du brie : l'emprésurage se fait à 30 ou 32 et la coagulation demande 3 heures ou 180 minutes, la présure est supposée normale, force 10000,

A 30° la force sera	$10.000 \times \frac{30}{35}$	ou 8.600	environ.
A 31° —	$10.000 \times \frac{31}{35}$	ou 8.850	—
A 32° —	$10.000 \times \frac{32}{35}$	ou 9.150	—
A 33° —	$10.000 \times \frac{33}{35}$	ou 9.400	—
A 34° —	$10.000 \times \frac{34}{35}$	ou 9.700	—

Ainsi en nombres ronds, 1^{cc} de présure caillera 8 litres 6 décil. de lait à 30°; $8^l,8$ à 31°; $9^l,1$ à 32°; $9^l,4$ à 33°; $9^l,7$ à 34°. Si la force de la présure n'était que

de 9000, on devrait multiplier tous ces chiffres par 0,9, etc.

Causes modifiant l'action de la présure. — Nous avons supposé jusqu'à présent que l'on opérait sur du lait normal et sain, mais l'expérience prouve que dans la pratique les quantités de présure à employer pour obtenir de bons résultats varient pour ainsi dire chaque jour.

La nourriture ou la stabulation des vaches, l'état d'altération plus ou moins grande du lait sous l'influence des germes atmosphériques ont une action accélératrice ou retardatrice ; la température ambiante joue aussi un rôle important.

En laissant de côté quelques-unes de ces causes de perturbation encore assez mystérieuses, il est utile de signaler les actions nettement connues, surtout d'après les beaux travaux de M. Duclaux.

Les acides coagulent le lait et d'autant plus rapidement que la température est plus élevée. C'est là un fait bien facile à constater pour l'acide lactique en particulier.

Du lait inaltéré se conserve même à chaud, mais s'il contient une petite quantité d'acide, il se caille à la chaleur; il arrive même souvent qu'il *tourne* à la température ambiante si la quantité d'acide lactique est plus considérable.

Nous avons, à propos des analyses du lait, signalé l'action de l'acide acétique qui à la dose de 8 à 10 millièmes commence déjà à coaguler le lait à froid; à 35° $\frac{4}{1.000}$ suffisent; à 100° $\frac{5}{10.000}$ donnent le précipité.

Tous les acides semblent se comporter de la même manière; ils précipitent s'ils sont en faible quantité, quelques-uns redissolvent le précipité s'ils sont en excès et si la température est augmentée.

On peut penser que l'action de la présure sera aidée par les acides, et c'est en effet ce qui se passe, aussi trouve-t-on dans le commerce certaines présures dont la force est artificiellement augmentée par la présence d'acides divers et en particulier d'acide chlorhydrique.

Cette pratique est blâmable, les caillés donnés par les acides ne se conduisent pas dans la fabrication des fromages comme ceux que produit la présure pure; en général les moisissures se développent moins bien ou autrement, et il se peut qu'on ne puisse arriver à obtenir les fermentations de pâte que l'on cherche.

L'acide lactique lui-même est souvent nuisible; dans la fabrication des gruyères dans celle des pont-l'évêque ou de quelques autres produits délicats, on doit rejeter impitoyablement les laits qui ont subi un commencement d'altération.

L'acide phosphorique pourrait peut-être être rayé de cette proscription; les caillés faits avec cet acide sont nets et beaux, le sérum est limpide et l'acide phosphorique neutralisé plus tard par l'ammoniaque dégagée pendant la maturation pourrait contribuer utilement à l'alimentation des êtres, microbes ou végétaux, qui se développent dans ce travail de transformation.

Dans des expériences faites à notre laboratoire, nous avons constaté que les caillés à l'acide phosphorique se séchaient plus vite et donnaient des wei ou sérums de densités plus grandes, mais avec cet acide on n'obtient pas plus de précipitation complète qu'avec la présure; dans le premier cas comme dans le cas général, les sérums chauffés se troublent à la chaleur, ce qui prouve qu'ils contiennent encore des matières albuminoïdes en dissolution.

Action des bases. — Les bases précipitent dans la pré-

sure une matière floconneuse de couleur grisâtre, leur action est retardatrice.

M. Duclaux, qui a étudié avec beaucoup de soin l'action de différentes substances sur le lait, faisait toujours des expériences comparatives en prenant 2 tubes remplis l'un de lait pur, l'autre de lait additionné des substances à essayer; il emprésurait ensemble ces deux tubes

ALCALIS.	QUANTITÉS.	Rapports des temps de coagulation du lait additionné au lait normal R.
Potasse	1/12500	1.2
	1/6250	1.6
Soude	1/20000	1.2
	1/10000	1.9
Ammoniaque	1/25000	1.2
	1/12500	1.7
Baryte	1/1500	1.33
	1/1250	3.00
	1/625	> 24
Chaux	1/20000	1.33
	1/10000	4.00

dans des conditions identiques et cherchait au bout de combien de temps on pouvait retourner les tubes sans qu'il y eût écoulement, le caillement était alors complet.

Le rapport du temps de la coagulation du lait additionné au lait normal est plus grand que 1 si la substance est retardatrice, il est plus petit que l'unité si la substance accélère la coagulation.

L'essai avec les alcalis n'est jamais rigoureux ; les alcalins rendent le lait visqueux, filant, et la coagulation n'est pas nettement déterminée ; la chaux donne une prise plus ferme et mieux tranchée. En tous cas, si la dose des alcalis est un peu forte, la coagulation ne se fait pour ainsi dire plus et le liquide reste filant.

D'après ce que nous avons dit en étudiant les propriétés du lait, on peut se rendre compte de cette action des acides et des bases.

Les alcalis augmentent la proportion de caséine dissoute (1), la présure a plus de travail à faire, il en faut employer davantage ; au contraire, les acides diminuent la proportion de caséine soluble et le lait en devient moins résistant.

Action des sels. — Cette action dépend évidemment de la nature des constituants : les sels alcalins par exemple et principalement les carbonates agissent à peu près comme les alcalis. Nous avons parlé déjà de l'action du carbonate de soude sur la matière albuminoïde contenue dans le lait. Le carbonate de soude contribue à solubiliser la caséine, il précipite la chaux à l'état de carbonate et finalement retarde l'action de la

(1) C'est cette propriété que l'on utilise dans l'analyse par le procédé Quesneville et surtout dans l'opération que nous avons indiquée, de l'application de ce procédé Quesneville pratiqué avec l'écrémeuse centrifuge à bras.

présure, fait à noter pour la pratique. Avec $\frac{1}{1000}$ de carbonate, le coagulation se fait dix fois plus lentement.

Le borate et le phosphate de soude jouissent de propriétés analogues : pour $\frac{1}{1000}$ de borate, R = 4; pour $\frac{1}{2000}$, R = 16.

Le phosphate de soude du commerce qui est légèrement alcalin $PO^4 Na^2H + 12H^2O$ nous a donné les rapports

	$\frac{1}{10.000}$	$\frac{1}{4.000}$	$\frac{1}{2.000}$
R =	1.2	2	2.7

Ces sels peuvent donc être employés et le sont en effet quelquefois pour la conservation du lait. Mais si ce but de conservation est plus ou moins exactement atteint en réalité, il n'en est pas moins vrai que l'on n'a plus affaire à du lait naturel et que le nouveau liquide chargé de ces substances conservatrices peut très bien n'être pas de digestion aussi facile que le lait pur.

L'expérience confirme en effet cette infériorité du lait chargé de carbonate ou de bicarbonate de soude, de borate de soude ou d'acide borique, et la police municipale de Paris proscrit avec raison l'emploi de toutes ces substances, sans cependant se montrer très sévère contre les fraudeurs.

L'action des autres sels n'est pas au premier abord aussi intéressante à connaître parce que l'on ne voit pas aussi bien les applications de leur emploi en laiterie; cependant il est possible que des études plus attentives des conditions de la vie des microbes que l'on cherche

à cultiver dans la maturation des fromages, conduise à ajouter comme nourriture de ces petits êtres, certains sels ou certaines substances chimiques.

Les expériences de Raulin sur les cultures de l'*Aspergillus niger* ou du *Penicillum glaucum* sont restées célèbres. Ce savant a montré que les cultures étaient maximum lors de la présence en quantité déterminée d'un très grand nombre d'éléments; faute d'un seul d'entre eux, même d'un de ceux qui n'entrait qu'en quantité minime, la récolte diminue, l'activité végétale n'est plus la même, la moisissure languit faute de la nourriture appropriée. Les animaux ou les végétaux montrent en général des susceptibilités semblables, et il est clair que l'on ne réussira bien la fabrication d'un fromage que si les microbes qui donnent le goût dans la maturation trouvent un milieu favorable et la nourriture qui leur convient.

Voici, d'après M. Duclaux, un tableau résumant les actions des sels sur le lait. Voir page suivante.

Ce tableau conduit à des conclusions intéressantes à noter.

On constate d'abord que l'action des sels n'est pas toujours dans le même sens : ainsi le chlorure de potassium, le nitrate de magnésie commencent par accélérer la coagulation, leur influence va en croissant, elle passe par un maximum, puis avec la proportion de sel ajouté, l'action finit par devenir très franchement retardatrice. Ces rétrogradations ne sont pas expliquées.

On remarque aussi que dans les sels dont on pourrait peut-être prévoir l'emploi en fromagerie, l'action, aux doses qui seraient acceptables, n'est pas très sensible, le chlorure de calcium accélérerait un peu, les phosphates de soude accéléreraient ou ralentiraient suivant leur composition ou leur réaction, le chlorure de sodium

ACTION DES SELS SUR LE LAIT. R REPRÉSENTE L'ACCÉLÉRATION DE L'ACTION DE LA PRÉSURE S'IL EST PLUS PETIT QUE L'UNITÉ ; LE RETARD S'IL EST PLUS GRAND QUE L'UNITÉ.

Doses.	Nitrate de potasse.	Sulfate de potasse.	Chlorure de potassium.	Phosphate de potasse.	Nitrate de soude.	Sulfate de soude.	Chlorure de sodium.	Phosphate de soude.	Nitrate d'ammoniaque.	Sulfate d'ammoniaque.	Chlorhydrate d'ammoniaque.	Nitrate de magnésie.	Sulfate de magnésie.	Chlorure de magnésium.	Nitrate de baryte.	Chlorure de baryum.	Nitrate de strontiane.	Chlorure de strontium.	Nitrate de chaux.	Sulfate de chaux.	Chlorure de calcium.
$\frac{1}{50000}$	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	0.95
$\frac{1}{25000}$	»	»	»	1.00	»	»	1.00	0.94	»	»	»	0.97	»	»	»	»	»	»	0.94	»	0.91
$\frac{1}{12500}$	1.00	»	0.95	»	»	»	»	»	»	»	»	0.94	»	»	0.93	1.00	0.92	»	»	»	»
$\frac{1}{10000}$	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	0.87
$\frac{1}{5000}$	»	»	1.00	1.00	1.00	»	»	0.87	»	»	»	0.87	»	»	0.86	0.89	0.84	»	0.83	$\frac{1}{6000}$ 0.94	0.83
$\frac{1}{2500}$	»	1.00	»	1.04	1.03	1.00	1.00	1.07	1.00	1.00	1.00	0.77	»	»	0.78	0.75	0.70	0.71	0.75	0.91	»
$\frac{1}{1250}$	1.04	1.08	»	»	1.07	1.04	»	»	»	»	»	0.62	»	»	0.64	»	0.62	»	»	$\frac{1}{1200}$ 0.83	»
$\frac{1}{1000}$	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	0.97	»	»	»	0.50	»	»	»
$\frac{1}{500}$	»	1.20	1.50	1.50	1.20	1.15	1.00	1.50	1.05	1.00	1.00	0.50	»	0.43	0.46	0.23	0.40	0.30	0.25	$\frac{1}{600}$ 0.80	0.41
$\frac{1}{250}$	1.15	1.40	1.10	2.00	1.47	1.42	1.20	»	1.10	1.02	1.06	0.40	»	»	0.30	0.12	»	»	0.20	»	0.30
$\frac{1}{200}$	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	0.43	»	»	»	0.21	»	»	»
$\frac{1}{125}$	1.85	1.75	»	4.00	2.00	1.80	1.37	5.50	1.20	1.05	1.12	0.30	»	»	0.21	»	0.16	»	0.15	»	»
$\frac{1}{100}$	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	$\frac{1}{86}$ 0.83	0.56	»	»	»	0.21	»	»	0.21
$\frac{1}{20}$	13.00	»	»	0.66	> 12.00	»	3.40	»	»	»	»	> 33.00	$\frac{1}{40}$ 0.50 $\frac{1}{20}$ 2.20	4.50	0.70	0.45	0.60	0.50	»	»	»
$\frac{1}{10}$	»	»	»	0.40	»	»	3.00	3.00	»	»	»	»	4.30	»	2.14	1.60	2.00	1.20	»	»	»
$\frac{1}{5}$	»	»	2.50	»	»	»	$\frac{2}{1}$.70	0.30	»	»	»	»	»	»	»	»	»	3.00	»	»	»

est à peu près indifférent; les sels ammoniacaux ne devraient être essayés qu'avec beaucoup de prudence; les sels de magnésie semblent aux petites doses hâter la coagulation.

L'action des fortes quantités de sel n'a aucun intérêt pratique. Si nous l'avons signalée c'est qu'elle a souvent, notamment en ce qui concerne le sulfate de magnésie, servi à guider M. Duclaux dans ses belles recherches sur la caséine.

Il est évident que nous ne donnons aussi les réactions des sels de baryte que dans un but d'intérêt scientifique; jamais aucune de ces substances dangereuses ne doit être admise dans une laiterie.

L'action de l'eau sur le lait présente un intérêt tout particulier, soit parce que cette addition est souvent faite dans un but de fraude, soit parce qu'elle peut conduire à un procédé pratique d'évaluation de la caséine. Dans l'étude de cette action, nous avons tout d'abord remarqué que l'eau retardait les précipitations par la présure aussi bien que par l'alcool, le réactif de Millon, etc.

Il se produit en outre un autre fait curieux; les précipités sont de moins en moins complets avec l'augmentation de la quantité d'eau; l'examen microscopique montre que les globules de matière grasse sont immédiatement immobilisés par le coagulum; si ce coagulum contient beaucoup de caséine, il se fait un précipité; si le lait est au contraire fortement étendu d'eau et que la caséine précipitée soit alors en proportion moindre, il semble se produire un écrémage, parce que c'est alors la faible densité des globules qui est prépondérante et cause l'ascension du coagulum.

Nous continuons en ce moment, avec la collaboration de M. Allard, l'étude de cette réaction de l'eau.

On trouve en résumé pour la présure ou les autres précipitants :

Lait naturel ou peu d'eau. .	Précipité.
Quantité déterminée d'eau. .	Le liquide est pris, mais la séparation ne se produit pas.
Au-dessus de cette quantité d'eau.	Il se produit un écrémage ; la crème est très chargée de caséine.

Principes généraux de la fabrication des fromages. — On donne le nom de fromage au produit résultant d'une fermentation du caillé.

Il existe des milliers de fromages différents ; la coagulation pouvant se faire à des températures variant de 20 à 40°, en des temps variant, suivant la quantité de coagulant ou de présure, de quelques minutes à trois heures et plus ; le caillé peut lui-même être travaillé à chaud ou à froid, réchauffé, plus ou moins pressé et enfin abandonné à des fermentations dont les conditions et les résultats varient à l'infini. Une description des principaux fromages connus serait fatigante et stérile si nous ne débutions pas par essayer de grouper ces variétés si nombreuses en séries naturelles dans lesquelles les produits auront entre eux des analogies assez étroites.

Nous trouverons le moyen d'établir ces groupes en étudiant au point de vue pratique les propriétés du caillé et les modifications qu'il subit principalement sous l'influence des petits organismes, microbes ou moisissures.

Le caillé jouit, comme nous l'avons dit précédemment,

de la curieuse propriété de se contracter et d'expulser mécaniquement le liquide dont il est imbibé ; il se sèche même au sein du liquide qu'il rejette ; si le coagulum a été produit lentement par une faible quantité de présure ou à une température relativement basse, la dessiccation est lente, le caillé reste mou, spongieux, il ne saurait supporter la moindre pression sans disparaître en s'affaissant ; le séchage doit se faire alors spontanément et dure plusieurs jours.

Si au contraire le caillé a été préparé à chaud et avec beaucoup de présure, il se produit vite et se sèche très rapidement aussitôt que par une division convenable on a mis à découvert de nombreuses petites surfaces filtrantes par lesquelles peut exsuder le liquide.

Il existe pratiquement des limites entre lesquelles il faut se maintenir : le caillé destiné à la fabrication des fromages doit contenir une proportion d'eau voisine de 40 % ou variant peut-être entre 30 et 50 % pour que la fermentation s'établisse dans des conditions convenables.

En effet un caillé trop sec donne lieu à des fermentations interminables et un caillé trop mou expose à des accidents de fabrication et à des pertes.

Nous allons apprendre en effet que dans l'action si curieuse des microbes, il se produit de la caséine soluble, de la caséone suivant la parlante expression de M. Duclaux ; si donc, le caillé était trop aqueux, il arriverait à tomber en déliquescence lors du travail des organismes ; les fromages couleraient et disparaîtraient.

La limite moyenne de 50 % à 55 % est à peu près celle que la pratique indique comme maximum de la teneur en eau pour que l'inconvénient signalé ne se produise pas. Elle varie de 55 % dans le brie, de 52 dans le géromé, à 43 dans le gruyère, etc

Par conséquent, il ne faut mettre en fermentation que des caillés contenant à peu près cette proportion d'humidité.

Si le caillé est mou et aqueux, il est nécessaire avant tout travail de le laisser se sécher et prendre de la consistance : si la proportion d'eau est déjà voisine de celle que nous avons indiquée, ce séchage préliminaire devient inutile.

Le camembert est préparé à l'aide d'un caillé formé en plusieurs heures, le coagulum est chargé d'eau; on le conserve jusqu'à vingt ou vingt-cinq jours dans des pièces fraîches et aérées dans lesquelles la végétation des petits organismes ne se fait que lentement; la proportion d'humidité va en diminuant et ce n'est que lorsqu'elle atteint à peu près les limites indiquées que le fromage est transporté à la cave où il doit se finir.

Au contraire le gruyère, dont la pâte est déjà sèche et résistante, expulsera avec facilité son wei mécaniquement emprisonné, sous l'influence de la pression qu'il supportera sans se déformer. Dans ce fromage apporté à la presse, le travail du caséum est fait et le passage des pains dans des chambres fraîches n'a plus d'autre but que de refroidir le pain et de donner de la consistance à la croûte.

C'est également dans le but de hâter la dessiccation préliminaire plutôt encore que de donner au fromage un goût agréable que l'on en saupoudre la surface de sel marin.

Ce sel aspire l'humidité intérieure pour se dissoudre dans l'eau et par conséquent il assèche le pain.

Nous résumerons ces considérations en quelques mots : le caillé nécessite avant la fermentation un séchage d'autant plus prolongé que la pâte était plus aqueuse; ce séchage a pour effet d'empêcher la déliques-

cence qui se produirait dans une pâte trop humide.

Mais déjà pendant le temps qu'ont duré tous ces travaux, les microorganismes ont commencé leur œuvre qui en somme première se traduit par une apparition d'acide, d'acide lactique le plus souvent.

Cette acidification sera d'autant plus grande que le lait sera plus vieilli et que le caillement aura été plus lent.

Les caillés mous deviennent acides et aigres, les caillés secs restent doux. Dès lors les deux milieux sont très différents : les moisissures se développent de préférence dans les milieux acides, les bactéries dans les milieux neutres ou alcalins.

Sur les caillés à prise lente et aigris, les champignons vont apparaître; la surface va se recouvrir d'une végétation cryptogamique dont le mycélium s'enfoncera peu à peu dans la masse en la décomposant et la transformant pour l'accommoder à sa nourriture.

Les caillés durs entreront beaucoup plus lentement en travail et ce seront principalement les microbes anaérobies qui accompliront la fermentation recherchée dans la pratique.

Dans les premiers fromages à caillé mou, la maturation se fait de l'extérieur à l'intérieur, dans les seconds à caillé dur et sec, elle se produit à l'intérieur et en même temps dans toute la masse; celle-ci est régulière et homogène, tandis que la section des fromages mous présente, lorsque la maturation n'est pas complète, une bande blanche de caséum sans goût et inaltéré, entourée d'une ceinture de couleur jaunâtre qui va en s'agrandissant avec le temps, en empiétant sur la surface inaltérée, cette dernière finit par disparaître lorsque le fromage est fait.

La portion jaunâtre est du fromage fait; elle contient de la caséine soluble, elle est odorante et fond dans la

bouche en y laissant ce goût et cette saveur que les consommateurs recherchent et savent apprécier.

Nous ne voulons cependant pas dire que cette maturation soit due entièrement aux végétations cryptogamiques, l'assertion ne serait pas exacte. Ce sont les champignons qui ont commencé le travail, ce ne sont pas eux qui le terminent. Les moisissures ont transformé le milieu, la caséine plus ou moins attaquée a donné comme produit ultime de décomposition de l'ammoniaque ou du carbonate d'ammoniaque, le milieu est devenu moins acide et dès lors les bactéries ont pu commencer à se développer à leur tour. C'est le bord qui a été modifié, c'est là qu'elles vont trouver tout d'abord la nourriture assimilable, c'est là qu'elles vont prospérer en gagnant petit à petit en profondeur.

Ces premiers principes posés établissent immédiatement les conditions de quelques fabrications : la nécessité par exemple de travailler des laits extrêmement frais pour la fabrication des fromages à vie intérieure tels que les ports du salut, gruyères, etc., et souvent l'opportunité d'introduire pour la préparation du caillé des eaux d'égouts des opérations précédentes dans lesquelles vivent et se perpétuent les espèces de microbes favorables à une bonne fermentation.

Il nous faut maintenant, pour essayer d'éclairer avec plus d'intensité les tableaux des différentes phases de cette fabrication, étudier quelques types principaux de ces petits êtres, microbes ou moisissures, qui contribuent, tout en se développant, à produire la maturation des pâtes des fromages.

Les moisissures sont de petits végétaux de quelques millimètres de longueur qui se développent en formant des feutrages de couleurs variées à la surface de certaines matières organiques abandonnées à elles-mêmes.

Ce sont de petits champignons qui, comme les grands cryptogames de nos bois, poussent et se développent surtout à la chaleur humide et leur végétation est dans les conditions favorables du milieu, d'une rapidité prodigieuse : les récoltes que l'on obtiendrait de ces champignons sont des centaines de fois plus considérables que celles que l'on observe dans la culture, et comme la nourriture de ces petits êtres se puise dans la matière à la surface de laquelle ils se développent, il s'ensuit que la substance qui sert de réceptacle et de nourriture peut être rapidement désorganisée ou consommée.

Dans l'étude qui nous occupe plus particulièrement, les moisissures que l'on observe apparaissent après un ensemencement par les germes de l'atmosphère à la surface du lait, de la crème ou des fromages.

Ce sont d'abord des points isolés blancs, bleus ou rougeâtres, noirs quelquefois, puis la tache s'étend et bientôt toute la surface est recouverte d'un voile feutré.

Examiné au microscope, on distingue les délicats détails de ces petits végétaux.

On y remarque deux parties différentes; l'une est formée d'une masse de tiges droites ou flexueuses continues ou portant des indices de subdivisions qui en font comme de grandes cellules allongées : c'est le mycelium qui est appliqué partie à la surface de la matière organique, partie dans cette surface, à l'intérieur de la substance dans laquelle ces filaments s'enfoncent à la manière des racines des plantes.

L'autre partie est constituée par de petites tiges plus grèles que les précédentes et partant du mycélium, elles portent à leur extrémité libre de petites sphères ou des grappes remplies de cellules rondes ou ovales qui son les spores du champignon. C'est principalement cette petite tige et la structure ou la couleur du sac contenan

les spores qui différencient toutes ces mucédinées dont les mycéliums se ressemblent beaucoup.

Dans le *Penicillum glaucum*, cette moisissure vert-bleuâtre si commune partout, les tiges sortant du mycélium sont ramifiées et des bouquets de tigelles sporifères éclatent à leurs extrémités en s'épanouissant comme les fleurs des ombellifères. Dans d'autres, le *Mucor racemosus*, les tiges portent une seule sphère chacune et c'est de cette capsule sphérique que s'échappent les spores au moment de la maturité.

Dans l'*Aspergillus niger*, également très répandu et que l'on observe si souvent à l'état de moisissure noirâtre sur des tranches de citron par exemple, la tige grêle supporte une capsule sphérique sur laquelle sont implantées à leur tour de petites tigelles dirigées suivant des rayons, quelquefois ramifiées mais pourvues toutes vers le bord libre de petites sphères en ligne au nombre de trois à quatre au plus. Ce sont les spores qui constituent alors une deuxième sphère cotonneuse pour ainsi dire dont le diamètre n'est du reste que de quelques millièmes de millimètre, dix au plus alors que le mycélium de toutes ces espèces diverses ne dépasse guère 1 à 2 μ en section.

Tous ces végétaux vivent à la surface des substances et en partie à leurs dépens.

Ils consomment de l'oxygène qui sert à brûler une partie des matières organiques que le mycélium trouve dans son sol.

D'expériences extrêmement ingénieuses dues à M. Raulin et plus tard à M. Richet, il semble résulter que cet oxygène sert à la combustion des matières hydrocarbonées constituées dans le cas qui nous occupe par le sucre de lait, celui-ci tend à disparaître en même temps qu'une partie des matières grasses.

Les éléments azotés nécessaires à la plante sont puisés dans les produits de la décomposition de la caséine qui commence à être attaquée par d'autres microbes aussitôt que le ferment lactique a fini d'agir.

Celui-ci n'agit en effet que sur le sucre, il ne décompose pas la caséine lui-même, il la précipite et la laisse ensuite inaltérée, mais l'action de ce ferment cesse quand le lait devient trop acide et lorsque les éléments de fermentation ont eux-mêmes disparu après l'égouttage du caséum, ce sont d'autres microbes qui viennent commencer leur œuvre, attaquer la caséine coagulée, la liquéfier et la décomposer en dernière analyse en produits ammoniacaux qui représentent le maximum de chute de chaleur.

Dès lors les champignons ont ce qu'il leur faut pour vivre, et cependant les conditions de leur existence ne correspondent pas toujours au maximum de bien-être.

On a reconnu en effet que pour une bonne récolte et une fructification abondante, il fallait que la proportion des aliments solides par rapport à leur humidité ne fût guère que de 1 à 6 ou 1 à 8. Dans un milieu plus sec, la végétation est moins luxuriante et la fructification se fait peu ou mal; elle est également incomplète si la température est trop basse; ces conditions sont précisément remplies dans la fabrication des bries, camemberts, etc., soit de la majeure partie des fromages mous; les moisissures commencent à apparaître après peu de temps, le mycélium se développe, mais la fructification ne se fait pas; on l'évite avec soin dans la plupart des cas.

On sait qu'elle correspondrait à une perte inutile de matière et que les spores qui à leur tour commenceraient à donner naissance à d'autres végétaux communiqueraient au produit un goût spécial que les consommateurs des produits précités n'apprécient pas.

Mais si à défaut d'humidité suffisante on facilite d'autre part la végétation, la fructification peut se produire et la moisissure qui était blanche devient bleuâtre ou noire, c'est ce qui se produit quand on chauffe trop, *la chaleur pousse au bleu*, on remédie ordinairement à cet inconvénient en diminuant la température des caves ou autrement en salant davantage pour abaisser la proportion d'humidité.

Pour certains fromages tels que le roquefort, le bleu d'Auvergne, le gorgonzola, le stilton, on compte précisément sur ces moisissures pour produire la maturation, mais dans ce cas on recherche ce que l'on voulait éviter dans la fabrication du brie, c'est une pâte un peu friable et présentant des taches vertes provenant des spores du champignon qui contribuent à donner au fromage le goût particulier recherché.

La vie des moisissures exigeant le concours de l'oxygène, ces fromages doivent forcément avoir aussi une pâte un peu sèche; dans un milieu trop compact et imperméable au gaz, la vie ne tarderait pas à s'arrêter. C'est pour faciliter cet accès de l'air que dans la fabrication du Roquefort, on crible le pain de nombreux trous d'aiguille qui constituent alors autant de canaux d'aération.

Il est évident qu'ici comme toujours, c'est le droit du plus fort qui règne, c'est la moisissure la plus abondante qui prend le plus grand développement si les circonstances sont favorables. Ceci est vrai pour tous les genres de microbes animaux ou végétaux; il est donc absolument nécessaire dans les fromageries, d'ensemencer les pâtes avec les germes des microbes bienfaisants et d'empêcher, en la supprimant aussitôt, toute ingérence, tout développement des êtres inutiles ou nuisibles.

C'est ainsi que dans le roquefort, le bleu, le gorgonzola, etc., on ensemence largement la pâte en spores de penicillum, c'est aussi pour cette raison que lorsqu'une fabrication périclite, il est à conseiller de laver les instruments, les étagères, etc., à l'eau bouillante pour détruire les germes mauvais qui peuvent gêner la vie des bons et leur fructification.

Les moisissures vivent à des températures plus basses que les bactéries; cette remarque conduit à des conclusions pratiques : dans la fabrication du roquefort, on fait mûrir les fromages dans des caves extrêmement froides : le penicillum continue à vivre et à se développer quoique péniblement, mais les bactéries ne produisent pour ainsi dire aucun travail, du reste on contrarie encore l'existence des germes animés en râclant de temps à autre la surface des fromages c'est-à-dire en enlevant des couches glaireuses de bactéries qui altéreraient trop sensiblement la caséine.

Une particularité très curieuse de la vie des moisissures est leur double façon de végéter suivant qu'elles sont à l'air ou immergées. A l'air la vie est normale, le mycélium se développe, les spores apparaissent, la plante consomme de l'oxygène et tend à donner de l'acide carbonique avec les matières hydrocarbonées ou grasses.

Lorsque l'on immerge cette plante dans une eau contenant les éléments nutritifs habituels, le mycélium disparaît, les spores seules continuent à vivre mais elles ne se reproduisent plus comme précédemment, ce sont pour ainsi dire des globules de levure. (La levure de bière ordinaire est peut-être une moisissure dont on ne connaît que les spores.)

Dans cette condition de vie submergée, l'existence est incomplète et moins active; si les spores se multiplient encore, elles n'ont plus la même activité que la plante,

elles ne brûlent que partiellement les substances favorables en donnant de l'alcool qui, pour nous, contient encore de la chaleur.

Ainsi donc les moisissures tendent à donner de l'alcool dans les atmosphères confinées, en présence de quantités insuffisantes d'oxygène, en un mot dans la vie anaréobie du petit végétal (voir travaux de M. Müntz).

Elles vivent à l'air comme une plante, dans les atmosphères confinées, elles ressemblent à une levure, elles fonctionnent comme la levure de bière (1).

Les microbes animaux ou du moins considérés comme tels, les êtres microscopiques n'ayant plus le caractère nettement cryptogamique des mucédinées, bacilles, vibrions, bactéries jouent dans la fabrication des fromages un rôle encore plus important que les champignons. Pour les étudier, M. Duclaux a procédé à des cultures de ces petits êtres soit dans du lait, du Liebig, de la gélatine ou dans les différents milieux ordinairement employés aujourd'hui dans les laboratoires. Ces études sont extrêmement délicates et exigent autant de sagacité que d'habileté dans les manipulations. Tous ces êtres sont si rapprochés les uns des autres qu'il est souvent très difficile de les différencier. On n'y parvient qu'en examinant non pas seulement leur forme, leur manière d'être, leur enchaînement au moment de la fructification, mais les propriétés de leur spore, leur résistance à la chaleur notamment et surtout principale-

(1) Un exemple très curieux de cette existence à deux faces s'observe dans la fabrication d'une boisson alcoolique que l'on prépare dans l'extrême Orient, Cochinchine, Japon, etc., au moyen du riz.

L'agent actif des transformations est une moisissure analogue à l'*Aspergillus niger*, l'*Eurotium Orizeæ*. A l'état sec, dans la vie à l'air, elle agit sur l'amidon et tend à le saccharifier; si l'on ajoute de l'eau sur le riz feutré par le mycelium, c'est la vie levure qui apparaît et la fermentation alcoolique se déclare vigoureuse et s'accomplit avec une régularité parfaite.

ment les actions de ces microbes, les transformations qu'ils font subir au milieu.

En première analyse on peut diviser les microbes en deux grandes classes, les aérobies et les anaérobies. Les premiers vivent à peu près comme les plantes et les animaux, c'est-à-dire qu'ils absorbent l'oxygène de l'air pour brûler complètement les matières hydrocarbonées grasses ou autres et donner de l'acide carbonique. Ce sont les organismes les plus actifs, les plus désorganisants, les plus destructeurs.

Les seconds, les anaérobies ne produisent que des changements moins profonds; ils donnent de l'alcool qui renferme encore de la chaleur; comme leur nom l'indique, ils n'ont plus besoin de l'air atmosphérique, ils végètent dans des atmosphères confinées dans des liquides, dans l'acide carbonique ou l'azote, mais leur action finale est toute différente de celle des précédents; elle est presque toujours accompagnée de dégagements de gaz contenant encore dans les conditions de notre existence à la surface de la terre, de la chaleur disponible.

Ces produits sont par exemple l'hydrogène, l'acide sulfhydrique : ces microbes apparaissent donc comme des corps partiellement réducteurs; nous disons partiellement parce que des désorganisations autres se produisent simultanément et que l'on retrouve presque toujours de l'acide carbonique dans les gaz expirés. Leur influence se caractérise nettement par ce dégagement de gaz qui sont presque toujours odorants, souvent d'odeur infecte; les anaérobies sont les organismes de la putréfaction des fromages, leur existence est signalée par un gonflement de la pâte, des yeux ou des vacuoles dans son intérieur et enfin ces odeurs souvent tellement désagréables qu'elles diminuent beaucoup le plaisir qu'éprouve

le consommateur en dégustant certaines pâtes douces et savoureuses.

Il est à priori évident que l'on peut favoriser ou restreindre à volonté la prépondérance des uns ou des autres de ces organismes.

Dans un caillé sec, cuit même, recouvert d'une croûte durcie par un salage abondant et répété, l'accès de l'air est pour ainsi dire fermé et ce sont les anaérobies qui travaillent. S'ils sont abondants grâce à une cuisson faible ou nulle, à une manipulation d'un lait déjà aigri, la putréfaction est active et les fromages dégagent quelquefois une odeur infecte, marolles, livarot, etc. ; mais si les organismes sont peu nombreux d'après le mode même de préparation, la fermentation est lente et l'odeur peu accentuée, gruyère et emmenthal.

Il existe un certain nombre d'organismes qui jouent successivement les deux rôles d'aérobies et d'anaérobies. Tels le *Tyrothrix urocephalum* et l'*Actinobacter polymorphus*, mais il semble néanmoins que dans ces bactéries à existence double, il y ait toujours une condition qui soit plus normale, mieux appropriée à l'organisme et dans laquelle il se développe et se multiplie d'avantage.

L'*Actinobacter* du lait que l'on rencontre dans le fromage du Cantal est plus spécialement un aérobie agissant pour donner de l'acide carbonique avec les matières qu'il parvient à oxyder, mais dans son existence anaérobie, il devient ferment pendant quelque temps, et son action se dévoile par l'apparition de bulles gazeuses dont le dégagement du reste ne tarde pas à s'arrêter : il faut redonner une nouvelle vigueur au microbe en faisant passer de l'oxygène dans la liqueur, il faut le revivifier aérobie pour que les fonctions d'anaérobie puissent se révéler à nouveau.

En tous cas, la vie des microbes se caractérise par une

transformation profonde du milieu dans lequel s'accomplit leur existence.

Tous les organismes se nourrissant aux dépens du substratum dans lequel ils vivent, modifient la matière organique, soit en y puisant des éléments, soit en en formant de nouveaux.

Le mycélium des mucédinées en s'enfonçant dans le milieu à la surface duquel vit la plante, y cherche ses aliments; tel, par exemple le mycélium du *Peronospora* de la vigne qui trouve sa nourriture dans les cellules de la feuille. En général dans la fabrication des fromages mous cette action des moisissures est toujours volontairement restreinte. La quantité d'eau est trop faible et la végétation s'arrête, mais c'est alors que les aérobies commencent leur travail, puis ils s'enfoncent de plus en plus et ce sont ensuite partiellement des anaérobies qui complètent la transformation cherchée. Dans ces fromages, la maturation se propage de l'extérieur vers l'intérieur et cet avancement est facile à constater sur des fromages incomplètement faits comme nous l'avons dit précédemment.

L'étude de ces ferments a été faite par M. Duclaux; nous pensons que ces travaux ont une telle importanee pour la fromagerie que nous reproduisons dans ses principales lignes le texte de cette étude des microbes que l'on trouvera d'autre part complètement exposée dans l'ouvrage *le Lait.*

M. Duclaux a signalé dans le lait quatre principaux ferments aérobies parmi lesquels le plus répandu et le plus actif est le *Tyrothrix tenuis.* (Tyrothrix, τυρος fromage θριξ cheveu). Ce microbe apparaît sous la forme d'un petit bâtonnet de 3 μ de longueur environ et d'une largeur d'un demi μ; on distingue péniblement quelques granulations intérieures; les articles isolés sont parfois

animés de mouvements saccadés qui disparaissent quand les bâtonnets sont réunis en chaîne ou allongés sous forme de fils. Le *T. tenuis* secrète d'abord de la présure et coagule le lait, mais le caillé se forme assez mal, et il serait difficile d'évaluer la force coagulatrice de l'organisme qui détruit presque au fur et à mesure ce qu'il a lui-même produit.

Le coagulum qui était mou, se redissout peu à peu en commençant par les couches superficielles, c'est de la caséone qui apparaît.

Le lait dans lequel on cultive le petit être, devient après un certain temps opalescent et gélatineux, c'est à ce moment que la proportion de diastases est maxima et que l'on peut, au moyen d'une précipitation par l'alcool, isoler cette caséase particulière.

La caséine produite ne reste pas inaltérée, le microbe la consomme et la simplifie en lui faisant perdre de l'énergie; on constate d'abord l'apparition de leucine et de tyrosine, puis ces produits quaternaires se simplifient encore et donnent de l'urée et des sels ammoniacaux dont le dernier terme est le carbonate d'ammoniaque.

Il apparaît en outre, au milieu de ces modifications des corps nouveaux entr'autres des acides de la série grasse et parmi eux l'acide valérianique dont on connaît l'odeur désagréable et persistante.

Le sucre de lait n'est pas attaqué mais le microbe convertit le lactate de chaux en carbonate de chaux et oxyde la glycérine.

Ses aliments préférés sont la caséine, la fibrine et l'albumine précipité.

Tyrothrix filiformis. — Le microbe *Tyrothrix filiformis* est une aérobie qui vit très bien dans le lait. Au premier abord le microbe se présente sous la forme de bâtonnets de 0,8 μ de diamètre. Il se segmente quelquefois

sans augmentation apparente, la chaîne d'articles se meut d'un mouvement d'autant plus lent que la chaîne est plus longue.

Ce microbe se développe à la surface du liquide, il y forme alors des fils plus longs et plus minces que ceux qui vivent dans la profondeur. Les spores qui ont en diamètre à peu près le double du filament et donnent à celui-là la forme d'un fuseau, ou d'une masse d'armes de 0.8 μ de diamètre commencent toujours à se former par là.

Quelquefois dès le lendemain de l'ensemencement, le lait se couvre d'une petite pellicule plissée formée d'un feutrage de fils du microbe et de globules gras, le tout empâté de caséine précipitée.

Le développement au lieu d'être superficiel a quelquefois lieu sous la forme d'enchevêtrements compliqués qui flottent à l'intérieur du liquide.

Quelquefois le lait reste pur deux ou trois jours, mais presque subitement, en quelques heures, il change tout à fait, on le voit se décolorer peu à peu, et il se transforme alors en liquide un peu louche. D'autres fois, il y a coagulation, mais le coagulum ne persiste pas, et il se dissout à son tour.

Les diastases du *T. filiformis* paraissent peu actives. Sa présure prise dans le bouillon Liebig, où a vécu le microbe donne les mêmes chiffres que pour le *Tyrothrix tenuis*. La caséase semble un peu plus active. Une culture du microbe faite dans le bouillon Liebig mélangée à son volume de lait l'avait décoloré en une heure.

La présence de cet être dans le lait peut, pendant quelques jours, n'amener aucune altération apparente, mais la décoloration du lait peut s'opérer en quelques heures lorsque le temps de l'action et la quantité d'êtres vivants

sont devenus assez grands. Il est très probable que ce microbe est facilement décelé par le lacto-fermentateur.

Comme à l'ordinaire on trouve dans le liquide de culture, de la leucine, de la tyrosine, de l'urée et du carbonate d'ammoniaque. Il y a aussi un mélange d'équivalents à peu près égaux d'acétate et de valérianate d'ammoniaque. Ce microbe paraît être seulement un ferment des matières albuminoïdes; il peut ne pas toucher au sucre de lait.

Tyrothrix distortus. — Ce microbe cultivé dans le lait donne des bâtonnets granuleux ayant à peu près 0,9 μ; et dont la longueur égale de 5 à 10 fois la largeur. Ces bâtonnets se meuvent avec des mouvements vifs et flexueux lorsqu'ils sont séparés. Lorsqu'ils sont en chaînes de 4 ou 5 articles, le mouvement devient plus lent et plus lourd, il disparait complètement quand ces chaînes sont plus longues.

Le lait ne tarde pas à devenir visqueux par suite d'un fin précipité de caséum, qui augmente et se réunit à la partie inférieure du liquide, laissant au-dessus de lui un autre liquide séreux et peu coloré. Les mouvements persistent dans le liquide. La masse du caillé se feutre de longs filaments immobiles dont les segmentations d'abord très peu visibles se multiplient ensuite et résolvent le fil en articles distincts, plus ou moins soudés les uns sur les autres. Peu à peu ces filaments liquéfient le caséum autour d'eux. Puis le liquide se colore, devient gélatineux et finit par ressembler comme consistance et comme couleur à de la gelée de viande. Les articles du microbe sont plus ou moins changés, les uns ont avorté sans donner de spores, leurs contours paraissent gonflés et sont à peine visibles. Une autre portion des filaments a produit d'autres spores.

En résumé le microbe ne secrète pas une présure bien

forte. Sa caséase semble plus active, mais elle ne se développe pas beaucoup sur le lait.

Le *T. distorus*, et le *T. filiformis* pourraient être confondus par la nature des sels ammoniacaux qu'ils fournissent; mais l'épaisseur des bâtonnets et leur mode de développement fournissent des caractères distinctifs suffisants.

Dans le bouillon Liebig la formation des spores de ce microbe est très rapide, et on les trouve sous deux natures très différentes. Il y a d'abord des séries de spores oblongues et très réfringentes en fils dont les contours sont plus ou moins avancés dans leur voie de disparition; celles-là se voient plutôt dans les longs filaments. Dans les articles plus courts, séparés ou réunis on remarque à un certain point de la longeur une granulation plus épaisse et plus symétrique que celles qui sont dans le corps du microbe. Cette granulation est pour ainsi dire ronde, et elle occupe sans le grossir, presque la largeur totale du bâtonnet moins réfringente que les spores dont nous avons parlé plus haut. Puis peu à peu toutes les granulations disparaissent et elle finit par rester seule à l'intérieur de l'article, enfin elle se sépare par résorption de la poche dans laquelle elle est renfermée. Des phénomènes semblables ont pu être observés dans le lait.

Dans la gélatine le développement est assez rapide, et du jour au lendemain il peut se produire une infinité d'articles agiles et des fils plus ou moins longs immobiles, puis ils finissent par devenir assez courts.

Le *T. distortus* ne s'attaque pas au sucre de lait, il vit moins facilement dans le lait que les autres microbes décrits, mais il est encore pour ainsi dire un ferment de la caséine. Il est aérobie et peut pourtant se développer en présence des traces d'oxygène, mais dans

la mesure même où ce gaz est présent, sans jamais prendre le caractère de ferment à dégagement gazeux.

Tyrothrix geniculatus. — Ce microbe se développe à l'air et dans le lait en fils enchevêtrés. Quelquefois les courbures sont élégantes, restent à la surface du liquide sans se former en pellicules superficielles. Leur diamètre est de 1 μ. Leur contenu, homogène en premier lieu se remplit bientôt de granulations très minces d'abord et donnant au bâtonnet un aspect doux et velouté. Ces granulations deviennent ensuite plus grosses.

C'est dans le bouillon Liebig que le microbe se développe le mieux; le lait paraît être un milieu même nuisible à cet organisme.

Au microscope les fils qu'il donne sont un peu granuleux. Depuis un bout jusqu'à l'autre de la culture, le liquide conserve une transparence irréprochable.

Ce microbe secrète à la fois de la présure et de la caséase, mais en plus petites quantités que les autres êtres. Le lait où il a séjourné ne peut guère coaguler que 12 ou 15 fois son poids de lait pur. La caséase semble alors un peu plus rapide : lorsque la température n'est pas trop élevée, le caséum fond à mesure qu'il naît; les deux diastases exercent leurs effets de front. S'il fait plus chaud la présure est alors secondée, il se produit un caillé qui empâte les filaments, et les emmène avec lui au fond du vase. Ces filaments ne tardent pas à se dégager en dissolvant la gangue du caséum qui les enveloppe.

Le dépôt de phosphate tribasique de chaux qui s'est produit au fond est seulement visible.

Par suite de la formation de carbonate d'ammoniaque, le lait qui a entretenu le *T. geniculatus* devient alcalin. Il renferme de la leucine, de la tyrosine et en outre un mélange de valérianate et d'acétate d'ammoniaque où

le premier sel domine surtout. La vie du microbe se fait parfaitement au contact de l'air, ces produits de destruction sont alors d'autant plus abondants. Quand l'air manque, la réaction finale est moins alcaline, et les produits de l'action des diastases sont plus abondants. Le microbe n'atteint ni le sucre ni la glycérine.

Tyrothrix turgidus. — Lorsque ce microbe est jeune et que l'on observe dans du lait exposé en grande partie à l'air, il se présente sous la forme d'articles courts et turgescents ayant environ un μ de largeur, et une longueur double ou triple. Lorsqu'on examine les articles au microscope, on les voit après une ou deux minutes rassemblés aux bords de la goutte; ils y forment un liseré étroit, visible à l'œil nu, le bord est marqué par une ceinture continue de petits boudins rangés parallèlement les uns aux autres et étant en rapport avec l'air vivifiant qui circule à l'extérieur.

Pendant que ce premier développement s'accomplit, les couches extérieures du lait deviennent plus transparentes, mais cependant en restant liquides si la température n'est pas très élevée; dans le cas contraire, elles se coagulent un peu. Ce coagulum finit bientôt par se dissoudre, et le lait se trouve alors changé tout à fait en un liquide translucide légèrement trouble et coloré en jaune. La présure et la caséase sont en activité, mais elles sont plus faibles qu'avec les autres microbes; la force de la présure ne dépasse pas 6 à 7.

Le développement du microbe se continue dans ce lait transformé; puis les boudins courts s'allongent en filaments qu'un cloisonnement ultérieur sépare en articles pour ainsi dire aussi longs que larges. Ces filaments se mêlent dans tous les sens et forment une pellicule superficielle et empâtée d'une matière albuminoïde. Alors naissent les spores.

Le *T. turgidus* pendant son développement est aérobie; il absorbe l'oxygène et le transforme en un volume à peu près égal d'acide carbonique. Une véritable combustion s'opère; puis lorsqu'elle est terminée, le lait devient alcalin et contient du carbonate d'ammoniaque. On y observe aussi du butyrate d'ammoniaque qui a été en plus grande quantité pendant la fermentation, mais s'est réduit vers la fin. Une petite partie de la matière albuminoïde a pris le goût d'extrait. Il y a encore de la leucine et de la tyrosine. Pour donner une idée du point auquel la combustion s'est portée, on a trouvé dans une expérience 13 % de la matière albuminoïde initiale à l'état de carbonate d'ammoniaque, 48 % à l'état de syntonine ou d'extractif, 7 % à l'état de matière organique vivante qui forment l'enveloppe des spores. Il restait encore de faibles parties de leucine ou de tyrosine; le reste, 30 % à peu près, avait été entièrement brûlé.

Le sucre est tout à fait intact et le microbe laisse inaltérée dans le lait la matière grasse, qui sous l'influence de l'alcalinité toujours croissante du liquide, ne subit qu'un commencement de saponification.

Tyrothrix scaber. — Lorsque ce microbe est jeune, il se présente sous la forme d'articles assez courts, dont l'épaisseur est de 1,1 à 1,2 μ. Dès l'origine, ils contiennent déjà une quantité de granulations très minces qui les recouvrent comme d'un pointillé délicat. Cet aspect granuleux et la raideur des articles jeunes permettraient de les comparer au *Bacillus Ulna* de Cohn. Ils ont une forme ondulée et quelquefois des mouvements flexueux. Ces caractères les rapprochent du *Vibrio Rugula* de Cohn. Ces microbes sont mobiles quand ils sont jeunes. Leurs mouvements sont lents et lourds; ils n'existent à peu près que dans les articles séparés ou réunis par

paires. On n'en observe plus dans les chaînes plus longues. Ils persistent plus longtemps dans les profondeurs du liquide qu'à la surface où le microbe se développe en fils enchevêtrés qui se divisent en chapelets d'articles courts mais se séparant très facilement.

Tous les grains de ce chapelet formés dans le lait ne subissent pas le même sort. Les uns meurent, laissant leur protoplasma se coaguler en grosses granulations amorphes; peu à peu leurs contours deviennent troubles et ils finissent par se réduire à un fil très mince. Les autres au contraire vivent et deviennent le siège de la foule des phénomènes qui aboutissent à la spore. Les granulations disparaissent comme si elles étaient nécessaires au développement des spores restées seules, quelquefois en grandes quantités, à l'intérieur d'un sac à contours très réguliers et très nets. Cela prouve que le lait n'est pas un aliment favorable à la formation de ces microbes. Les dissolutions de gélatine leur sont déjà préférables et ils vivent mieux dans le bouillon Liebig que partout ailleurs.

L'existence de cet organisme ne se remarque pas tout de suite dans le lait. Aucun changement ne se produit dans la couleur et l'opacité, le liquide ne se coagule pas. Les diastases de la caséine sont peu actives avec cet être, et cependant elles ne manquent pas totalement. Bientôt le liquide prend la couleur du petit lait; il a une odeur très faible et devient alcalin, puis contient de la leucine, de la tyrosine, du carbonate et du valérianate d'ammoniaque. On remarque encore généralement un peu de caséine intacte qui se coagule par la chaleur en présence des acides. Il est évident que le microbe la respecte, car il préfère les matières albuminoïdes déjà élaborées telles que la gélatine, la matière extractive du bouillon Liébig; sa réaction acide devient bientôt alcaline au

contact du microbe. Peu à peu le *T. scaber* atteint le sucre; il se développe aussi parfaitement dans le sucre de canne.

Dans les fromages il ne se développe pas dès le commencement, il attend que ses congénères lui aient préparé des matériaux nutritifs. Aucun des procédés de fabrication n'empêche son développement.

Tyrothrix virgula. — Le *Tyrothrix virgula* ne vit facilement que dans le bouillon Liebig. Il n'attaque le fromage qu'après qu'un autre microbe y aura déjà pénétré; il joue son rôle dans la maturation.

Dans le bouillon Liebig on le voit sous la forme de bâtonnets très minces, à contours bien nets, bien cylindriques, séparés ou réunis en chapelets en certains points. Leurs mouvements sont raides.

Par suite des renflements qui se produisent à quelques points de l'articulation, ils prennent une forme irrégulière. Ce renflement grossit pendant que la partie du bâtonnet restée inaltérée se résorbe et s'amincit; l'être tout entier prend alors des formes bizarres.

La formation des spores se fait dans le renflement. Cette formation est plus pénible dans la gélatine; les renflements sont irréguliers, les contours moins clairs et les segmentations plus nombreuses. Quelques-uns avortent sans donner de spores; dans d'autres, au contraire, les spores sont bien sphériques et rangées comme des boules dans une espèce de sac à parois épaissies. A son tour l'enveloppe des spores se résorbe pour laisser à l'intérieur du liquide les germes séparés.

Peu à peu le liquide où se forme le *T. virgula* devient alcalin par du carbonate d'ammoniaque; il renferme aussi du butyrate d'ammoniaque. On ne sait trop ce que devient la matière albuminoïde à cause de l'état mal défini sous lequel elle est prise et laissée par le microbe.

Après son action, une partie de la gélatine a été réduite en laissant des substances de goût et d'odeur peu agréables.

Il y aurait à citer encore diverses espèces de bactéries assez difficiles à isoler par suite de leur petitesse, mais qui généralement produisent des combustions très complètes avec formation d'acides gras et de carbonate d'ammoniaque qui rend la liqueur alcaline. Elles sont toutes des ferments des matières albuminoïdes et ont le caractère aérobie. On remarque toujours ces bactéries dans les couches superficielles de tous les fromages et sous leur action se forment parfois des produits analogues à ceux que donne le *T. geniculatus*. Ces produits amers n'ont qu'une existence transitoire et sont brûlés ultérieurement. Quelques-unes de ces bactéries développent à la surface des colorations variées et se rapprochent naturellement des espèces chromogènes étudiées par Schrœter et Cohn.

Très souvent on remarque dans le fromage du Cantal, une espèce qui est assurément une aérobie et qui développe sur la croûte de belles plaques couleur jaune de chrome. Cette bactérie transforme assez rapidement le lait en un liquide dichroïque jaune dont le ménisque supérieur présente un reflet vert très intense. Si l'on évapore, la matière colorante se dépose sous forme de cristaux corrodés sur leur surface et grossièrement finis, insolubles dans l'éther et l'alcool, mais fondant dans l'acide chlorhydrique d'où l'ammoniaque les précipite à nouveau. De plus en plus la coloration vert-jaune disparaît si on laisse l'action de la bactérie s'épuiser; cette coloration est remplacée par une teinte brune, qui donne au lait l'apparence du bouillon Liebig concentré. Aussitôt que la couleur est devenue apparente, l'alcalinité commence.

Microbes anaérobies de la maturation des fromages. — On a pu remarquer que les espèces aérobies qui concourent à la maturation des fromages produisent les mêmes diastases en quantités plus ou moins abondantes, et déterminent dans le milieu où elles vivent, que ce milieu soit du lait ou du fromage, une matière albuminoïde semblable pour tous, transforment ensuite, pour leurs besoins vitaux, cette caséine transformée en produits nouveaux qui s'échelonnent en matériaux de moins en moins compliqués, de plus en plus brûlés, à partir de la matière primitive jusqu'aux sels ammoniacaux à acides gras et au carbonate d'ammoniaque.

En outre, on voit qu'avec les êtres aérobies, ces acides gras sont toujours saturés et même sursaturés par l'ammoniaque, ce qui les rend beaucoup moins sapides et odorants. De plus il n'y a jamais, avec ces microbes, de dégagement gazeux appréciable. La production de gaz dans les masses où ils s'établissent est au contraire le caractère commun des êtres anaérobies que nous allons étudier.

Tyrothrix urocephalum. — Cet être est un des agents les plus actifs de la putréfaction des matières animales, car bien qu'il soit anaérobie, il peut vivre aussi au contact de l'air.

Avec du lait exposé à l'air, il se présente d'abord sous la forme de bâtonnets cylindriques d'environ 1 μ de diamètre, se mouvant rapidement. Puis ces bâtonnets s'allongent en fils qui s'enchevêtrent, et forment à la surface ou des plaques ou plutôt des îlots gélatineux, transparents, et se distinguant très bien de la masse opaque et laiteuse du liquide qui les porte.

Si la température n'est pas trop élevée, ces taches claires finissent par devenir confluentes et envahissent

peu à peu tout le liquide sans le coaguler. Si la température est telle qu'un coagulum se forme, on le voit s'infiltrer dans diverses directions de veines transparentes et se diviser en une série de lobes muqueux qui disparaissent peu à peu. On reconnaît là l'intervention successive ou simultanée de la présure et de la caséase qui, elle, s'y trouve en très faibles proportions. Dans les deux cas, il n'y a, à la fin de la fermentation, qu'un liquide à peine louche, surnageant les masses gélatineuses formées par le microbe.

Dans ces dépôts, les longs filaments de l'origine ont disparu et se sont segmentés en articles plus courts, isolés et par groupes de deux. Chacun de ces articles se renfle en un de ses points, en prenant ainsi la forme d'une massue.

L'air que renfermait le matras à l'origine a commencé par perdre son oxygène, qui a été remplacé par un volume égal d'acide carbonique. Puis le microbe, privé d'air, est devenu ferment, et donne un dégagement gazeux formé de deux parties d'acide carbonique et de une partie d'hydrogène.

Il y a transformation partielle de cet hydrogène en hydrogène sulfuré, et le liquide prend une odeur putride très désagréable.

On peut faire jouer tout de suite au microbe son rôle de ferment, en l'ensemençant dans un tube rempli de lait, en présence de l'acide carbonique. Les bâtonnets sont alors plus gros en moyenne, ne donnent plus d'aussi longs fils et prennent plus volontiers la forme de longs chapelets d'articles très souvent irréguliers de formes, surtout au moment où ils se renflent et commencent à donner des spores. On voit quelquefois des articles jeunes et isolés se renfler sur toute leur longueur, en conservant leur mobilité, et se mouvoir lourdement dans le liquide

avec les mouvements vermiculaires que leur permet la quasi-diffluence de la matière de leur corps devenu transparent, à contours indistincts, presque gélatineux.

Lorsque le microbe est cultivé dans ces conditions, le lait prend tout de suite une odeur désagréable, et le dégagement gazeux commence bientôt. Ce dégagement ne dépend pas uniquement de la forme anaérobie de l'existence du microbe; il est aussi en relation avec la nature de la matière albuminoïde qu'on lui offre pour aliment.

Il est abondant avec le lait; mais si, lorsqu'il a cessé, on stérilise le liquide par une température convenable, et si on le reprend comme nouveau terrain de culture du même être, celui-ci se développe aisément à l'aide de la matière albuminoïde produite par la première fermentation, mais ne donne plus de nouveau dégagement gazeux. Le résultat est le même lorsqu'on ensemence directement ce filament dans du bouillon Liebig en présence de l'acide carbonique.

Ce milieu paraît être moins favorable que le précédent à la vie du microbe.

Le lait est l'aliment de prédilection de cette bactérie qui n'altère ni la matière grasse ni le sucre.

Le liquide prend une réaction très nettement acide. Il renferme en dissolution, outre de la leucine, de la tyrosine, un troisième amide cristallisable, de l'acide valérianique uni à un mélange complexe d'ammoniaque et d'ammoniaques composées. La quantité de valérianate est d'autant plus faible que la fermentation s'est produite plus à l'abri de l'air.

Quelques-uns des caractères morphologiques de ce microbe le rapprochent du vibrion butyrique. Mais le vibrion butyrique est un pur anaérobie, et le *T. urocephalum*, de son côté, ne donne que de l'acide valérianique et pas d'acide butyrique.

Tyrothrix claviformis. — Le caractère de ce microbe est purement anaérobie, ce qui le distingue des précédents.

Il ne se développe pas au contact de l'air, même dans le liquide le mieux approprié.

Il exige une atmosphère d'acide carbonique ou le vide. Le milieu qui lui convient le mieux c'est le lait. Il y prend tout d'abord la forme de petits bâtonnets de moins d'un millième de millimètre de diamètre, tantôt cylindriques, tantôt étranglés en leur milieu lorsqu'ils sont en voie de division. A un certain moment, une des extrémités du bâtonnet se renfle en une boule gélatineuse dont le contour est très peu accusé et qui finit par se condenser en une petite spore ronde et noire, d'un diamètre à peu près double de celui du fil.

Quand les articles sont doubles, les têtes sont aux deux extrémités ou réunies côte à côte au milieu.

Une fois la spore formée, le filament se résorbe. Il s'amincit quelquefois au voisinage de la tête, pendant qu'il se renfle légèrement à l'autre extrémité.

Si le liquide est en mouvement, le corps du microbe peut à peine s'apercevoir à cause de sa faible réfringence, et si le liquide est en repos, il se cache pour l'observateur sous la spore qui occupe toujours la partie supérieure de la goutte, comme un flotteur. Ensemencées dans un nouveau liquide, ces spores se renflent un peu, s'allongent et donnent de nouveaux articles.

Pendant que ce développement s'accomplit, le lait se coagule d'abord, mais au bout de vingt-quatre heures, le coagulum se redissout très régulièrement par le bas, et est remplacé par un liquide à peine trouble. Du gaz se dégage, formé d'environ deux volumes d'acide carbonique contre un volume d'hydrogène.

Les proportions de ces deux gaz n'ont pas la constance

qu'elles présentent avec les êtres précédents ; ce filament claviforme n'attaque pas seulement la caséine, mais aussi le sucre du lait. On trouve même dans le liquide de l'alcool ordinaire, faiblement mélangé d'alcools supérieurs, et dont la quantité correspond à peu près à celle qu'aurait dû fournir le sucre disparu, en vertu de l'équation ordinaire de la fermentation alcoolique.

Il se forme aussi, outre la leucine et la tyrosine, de l'acétate d'ammoniaque pur. La caséine primitive a disparu et est remplacée par une substance qui se coagule à l'ébullition comme l'albumine, et que l'eau de baryte précipite à froid, mais où le tannin et le bichlorure de mercure ne déterminent qu'un louche peu abondant.

Le liquide légèrement acide possède une odeur rappelant celle de la poire ou du coing, et due à des traces d'éther dont la présence de l'acide acétique et de divers alcools explique la formation.

Le caractère anaérobie s'accompagne ici d'une diminution notable dans l'activité des diastases. Le lait n'est pas éminemment favorable au *Tyrothrix claviformis*, et nous voyons cet être vivre aux dépens de substances différentes de la caséine.

Tyrothrix catenula. — Le polymorphisme de ce microbe est nettement accusé. Développé dans le vide ou dans l'acide carbonique pur, il prend la forme de filaments courts, extrêmement ténus, de moins de 0,6 μ de diamètre, immobiles, au moins sous le microscope, et d'aspect assez irrégulier.

Quelques-uns sont composés d'une série de granulations accolées.

Si on essaie d'ensemencer ce microbe dans du lait exposé à l'air en grande surface et en petite épaisseur, il ne se développe pas, à moins que la semence n'ait été

extrêmement abondante. Mais on peut les cultiver dans du lait en profondeur dans lequel l'air dissous, une fois appauvri ou privé d'oxygène, ne se remplace pas facilement.

On trouve alors le microbe en filaments de 1 μ, à intérieur plus homogène, à contours plus nets et plus réguliers.

Quand ces filaments sont isolés, ils ont des mouvements vibrioniens très actifs.

Ces mouvements persistent dans les chaînes d'articles, mais deviennent d'autant plus lents que la chaîne est plus longue. Des chapelets de 10 à 12 articles sont quelquefois soudés bout à bout, se mouvant ensemble, mais assurément assez lâchement, unis à leurs points d'articulations et conservant encore une certaine indépendance d'action.

L'article qui parfois s'épaissit, conserve sa forme, mais devient plus réfringent comme s'il s'enveloppait d'une espèce de kyste. D'autres fois l'être se condense en une spore volumineuse et ovale, ayant en général une épaisseur supérieure à celle du filament primitif.

La formation de ce vibrion s'accompagne toujours d'un dégagement de gaz tellement abondant qu'on croirait avoir sous les yeux une fermentation alcoolique. Ce gaz est formé d'à peu près trois volumes d'acide carbonique pour deux d'hydrogène dont une partie se change surtout au moment où la fermentation commence en hydrogène sulfuré. Malgré la présence de ce dernier gaz, le goût reste frais, et l'odeur n'est jamais putride.

Son mode de coagulation diffère de celui auquel conduisent d'ordinaire les ferments de la caséine. Le lait où se développe le ferment est d'abord un peu acide; son opacité augmente, car il se forme à l'intérieur un dépôt très fin et granuleux qui s'accroît de plus en plus.

Ayant pris assez de volume, le précipité tombe au fond du vase, laissant au-dessus du sérum presque entièrement dépourvu de caséine. La formede la coagulation est semblable à celle de la coagulation survenant par l'influence des acides.

La caséine reste inaltérée avec la nature du coagulum provenant des acides. Au premier abord le sucre de lait ne subit rien, mais peu à peu il est attaqué.

La caséine seule est atteinte sensiblement, elle se change en une sorte d'acidalbumine précipitable à froid par les bases, soluble, même à chaud, dans un acide, précipitable à l'ébullition dans une liqueur neutre. Une partie de la caséine est attaquée plus profondément et produit, outre de la leucine et de la tyrosine,de l'acide butyrique; la moitié rend la liqueur acide et l'autre est saturée par l'ammoniaque.

L'aspect général des formes de ce vibrion, son caractère anaérobie, l'acide butyrique qu'il produit pourraient faire croire qu'il est semblable au vibrion butyrique du lactate de chaux. Les deux êtres ne sont cependant pas analogues. Le *Catenula* ne peut vivre dans le lactate de chaux ni au contact de l'air ni à l'abri de l'air. Il ne faut donc pas croire que tous les vibrions qui produisent de l'acide butyrique sont eux-mêmes butyriques.

Les ferments de la caséine sont, en moyenne, de plus médiocres producteurs de diastases que les aérobies, et, bien que produisant les mêmes acides gras que ces derniers, ils les saturent moins d'ammoniaque et créent des milieux plus odorants, plus acides et plus sapides. Cette odeur augmentée encore par celle du dégagement gazeux se produit dans un milieu réducteur où abondent des matériaux phosphorés et sulfurés. L'hydrogène renfermé dans le dégagement gazeux reste libre. Si à l'odeur que prend le gaz dégagé on ajoute les effets du

boursoufflement qu'il produit dans les fromages où se forment les microbes, on pourra conclure que pour l'industrie du lait les anaérobies sont plus difficiles à modérer ou à manier que les aérobies.

Résumons en peu de mots les faits fournis par l'étude des ferments aérobies et anaérobies du lait. Pour le *T. tenuis,* la caséine est un aliment fort bien approprié; pour le *T. catenula*, la caséine le devient après avoir été soumise à l'influence de la caséase; pour le *T. virgula*, elle devient aisément assimilable après avoir été soumise à un changement plus sérieux qui en fait une matière semblable à l'extrait de viande; pour le *T. scaber*, elle est absorbée après avoir été gélatinisée. Chacun de ces êtres fait descendre la caséine de quelques degrés, l'action s'arrête quand l'être l'amène à un tel point qu'il ne s'en accommode plus; et, par le fait, il faudra plusieurs décompositions successives pour détruire complètement la caséine.

Le développement des êtres dans la masse du liquide forme pour ainsi dire une société dans laquelle les membres, ceux du dessus, s'entr'aident les uns les autres, organisent des diastases pour ceux de la profondeur et les protègent de l'action de l'oxygène, ceux de la profondeur produisent des gaz qui brassent le liquide, facilitent la volatilisation du carbonate d'ammoniaque et donnent la vie plus aisée aux aérobies. Quelques-uns de ces êtres prennent comme point de départ les matériaux élaborés par d'autres et respectés alors parce qu'ils sont devenus nuisibles. Au résultat, la matière organique se réduit à des éléments minéraux qui demeurent, et à des matières gazeuses qui passent dans l'air pour recommencer de nouvelles pérégrinations.

Nous n'avons pu, dans les lignes qui précèdent, résumer que d'une manière incomplète et imparfaite aussi,

malheureusement, les remarquables études du professeur Duclaux sur cette question si neuve et si vaste des ferments du lait. Ce savant a eu l'incontestable mérite d'appeler l'attention sur les conditions de la vie de ces petits organismes et de faire entrevoir le rôle immense qu'ils jouent dans la pratique industrielle ; il les a étudiés avec assez de netteté et de précision, les a décrits avec suffisamment de détails pour qu'il devienne possible de les reconnaître dans leurs manifestations et dans les produits qu'ils élaborent.

Il sera du plus haut intérêt pratique de continuer ces observations dans l'industrie, et nous ne doutons pas que, dans un temps qui doit être assez rapproché, le microscope ne fasse son apparition dans les fromageries et ne devienne un instrument aussi utile dans la laiterie qu'il l'est déjà dans la sériciculture ou dans les ateliers de fermentations.

Il est évident que M. Duclaux n'a pu découvrir et isoler tous les microbes appelés à jouer un rôle dans les modifications du caillé ; il est évident que suivant les innombrables conditions de cette fabrication, les espèces qui se développeront doivent elles-mêmes être en nombre considérable ; mais il est non moins certain qu'une étude microscopique aidera beaucoup le fromager à suivre les phases de sa fabrication.

Nous entrevoyons également dans l'avenir la possibilité de l'emploi des cultures pures de certains microbes et l'ensemencement rationnel des produits en cours de travail. Semblable ensemencement se pratique aujourd'hui dans la préparation de la bière, et les brasseurs ne sont plus exposés à ces accidents et à ces mécomptes que l'on considérait il n'y a pas longtemps encore comme inexplicables.

Bien plus, ces ensemencements permettront de pré-

parer des produits de qualité supérieure, car il est probable que le parfum délicat ou le goût recherché de certains fromages ou beurres proviennent de substances élaborées par des microbes spéciaux que les cultures permettront d'isoler.

Cette voie féconde est dès à présent ouverte grâce aux travaux du docteur danois Storch sur les microbes du beurre; ce savant professeur a recherché dans le Danemark les crus de beurre les plus renommés et il a étudié avec patience et succès les organismes qui sont les producteurs de l'arôme de ces beurres les meilleurs en qualité. Il a décrit un très grand nombre de ces organismes, un entr'autres qui d'après l'auteur aurait la propriété de développer l'odeur agréable et le goût du beurre, il a fait de ce microbe des cultures multipliées et se trouve dès maintenant en mesure de livrer au public des germes que le laitier peut ensuite ensemencer à son gré.

En Danemark, pays dont la fortune tient à l'industrie laitière, le gouvernement donne de fortes subventions aux savants qui s'occupent de ces intéressantes études, et c'est grâce à ces secours puissants que le Docteur Fjord, dont la science et l'industrie déplorent la perte récente, avait été à même d'ériger dans l'école d'agriculture de Copenhague des chambres à froid, dans lesquelles on pouvait étudier la maturation des fromages à des températures variables à volonté et dans des atmosphères d'air sec et dépourvu de tous germes.

La figure ci-contre représente ce bâtiment d'étude; au centre se trouve une glacière que traversent des conduits d'air puisé au dehors; cet air qui au contact des parois froides se dépouille de ses germes et de son humidité est envoyé par une ventilation automatique dans chacune des cellules où se font les expériences. L'air

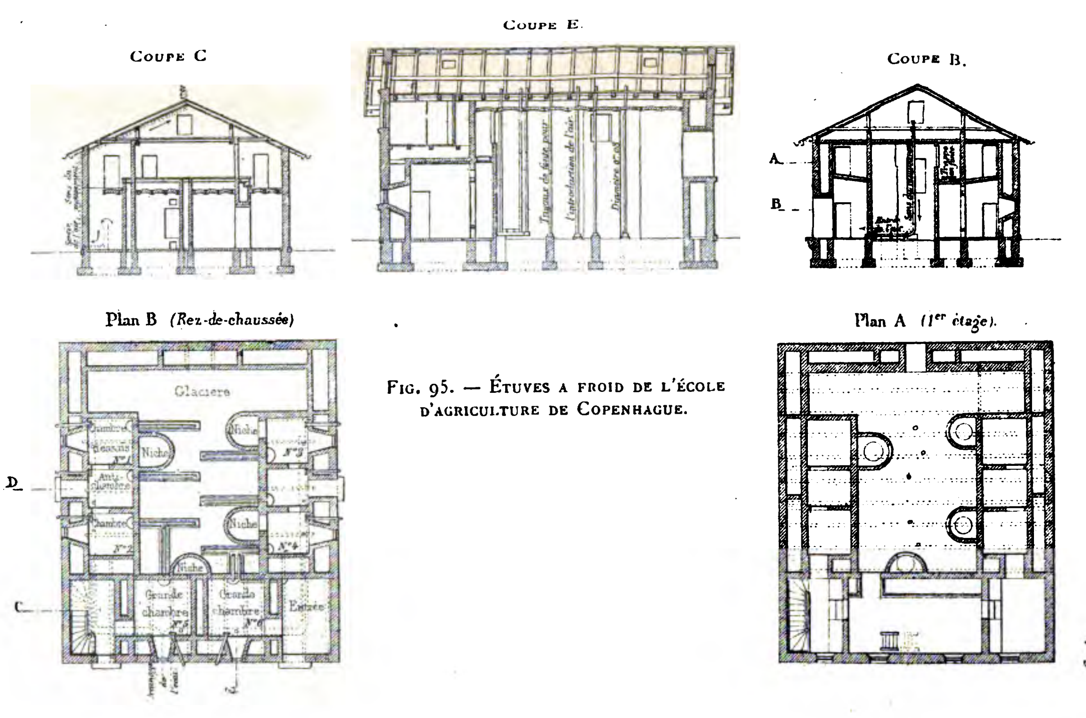


FIG. 95. — ÉTUVES A FROID DE L'ÉCOLE D'AGRICULTURE DE COPENHAGUE.

échauffé et impur est évacué par le haut des chambres.

Il serait à souhaiter que les unes ou les autres de nos grandes écoles nationales fussent dotées de semblables puissants moyens de recherche ou que l'on installât une ou plusieurs stations expérimentales de laiterie; si le gouvernement ne peut de lui-même ordonner ces dépenses, il serait à désirer qu'elles fussent couvertes par des souscriptions particulières de personnes intéressées dans la question, de syndicats d'industriels laitiers par exemple.

CHAPITRE II

APPAREILS EMPLOYÉS DANS LA FABRICATION DES FROMAGES, APPAREILS DE CHAUFFAGE, MOULINS A CAILLÉ ET PRESSES

La fabrication consiste en principe à précipiter le caillé par la présure à une température modérée; nous aurons donc à parler des appareils de chauffage, des vases et des locaux.

Ensuite, dans quelques fabrications, on rompt le caillé, on le coupe avec des couteaux ou avec des lyres en fils de fer, puis on le passe dans de petits moulins broyeurs; enfin un grand nombre de fromages à caillé demi dur ou sec, sont pressés. Nous décrirons les presses employées suivant les usages.

Nous dirons quelques mots du chauffage des fromageries et des appareils spéciaux qui sont destinés peut-être par la suite à supprimer le long et coûteux moulage des pâtes.

Dans la description des ateliers de fermentation ou de maturation, nous n'aurions à décrire que des dispositions d'étagères ou de planchettes; chacun imaginera à son gré tel arrangement qui lui conviendra le mieux et facilitera le nettoyage et les manipulations.

Appareils de chauffage. — Ils ont dans les fromageries deux destinations. Ils sont nécessaires pour

chauffer le lait qui doit être mis en présure et deuxièmement on a besoin de chauffer pour entretenir dans les fromageries une température suffisamment élevée et uniforme.

Les appareils communément employés pour le chauffage du lait sont encore trop souvent des plus primitifs et des plus défectueux : on chauffe le lait à feu nu, risquant ainsi bien souvent, lors d'un arrêt dans l'agitation de

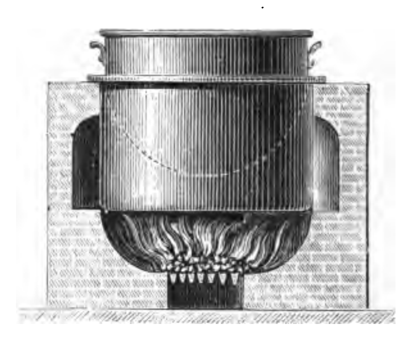


FIG. 95. — CHAUDIÈRE DE FROMAGERIE.
ÉCHELLE $\frac{1}{20}$ +.

la masse, de communiquer au produit ce goût de cuit si désagréable à la bouche et quelquefois à l'odorat.

Les figures 96 à 102 représentent quelques foyers à feu nu employés dans la fabrication du gruyère ou des fromages cuits.

Le chauffage à la vapeur dans des chaudières à double fond est de beaucoup préférable ; les doubles fonds peuvent avantageusement rester remplis d'eau, et ces bains-marie constituent alors un calorisateur à action douce, régulière et longtemps maintenue.

Le chauffage des fromageries paraît aujourd'hui né-

cessaire à assurer. Pour le mettre en pratique, on peut se servir de calorifères ou de poêles placés dans la pièce

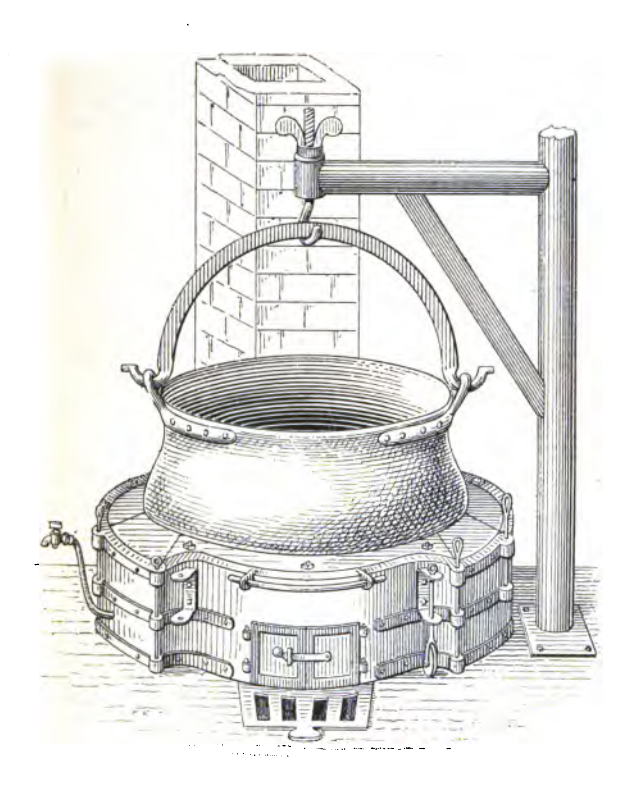


Fig. 97. — Chaudière de fromagerie.

même où se fait le travail. C'est la disposition la plus économique, mais ce n'est pas la meilleure; car la chaleur n'est jamais uniformément répartie partout, et les fromages placés à côté du poêle mûrissent autrement

que ceux qui en sont éloignés. Il faut compter à peu près un mètre carré de surface de chauffe pour cent mètres cubes d'air.

Le chauffage par vapeur ou thermosiphon est certainement préférable : dans les grandes laiteries, l'installation par la vapeur et les tuyaux à ailettes n'est pas aujourd'hui très dispendieuse, et c'est la plus à recommander.

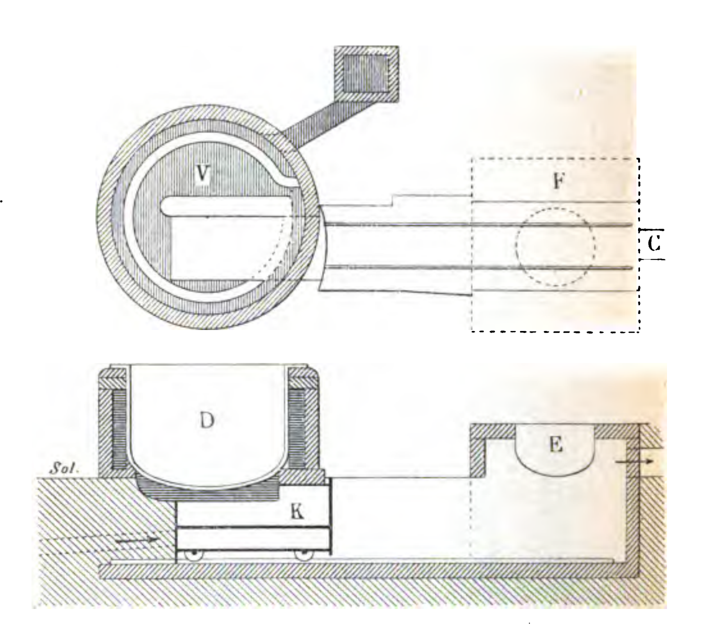


FIG. 98. — CHAUDIÈRE DE FROMAGERIE (LE FOYER EST AMOVIBLE).

Il est bon, en cas de chauffage par calorifère ou air chaud, de munir la fromagerie d'un ou plusieurs hy-



Fig. 99 — Chaudière a vapeur, échelle $\frac{1}{25}$ $\pm$.

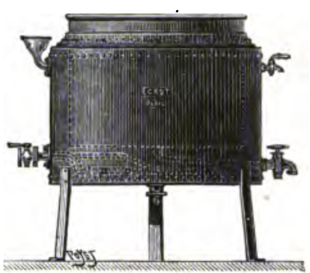


Fig. 100. — Type de chaudière a bain-marie.

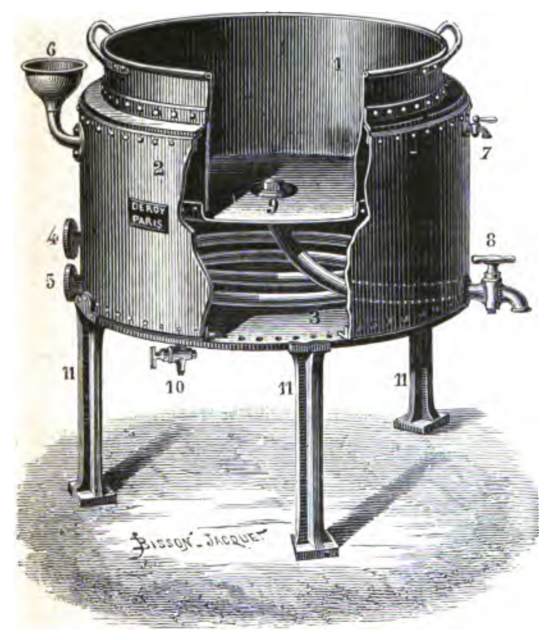


Fig. 101. — Chaudière a bain-marie; échelle $\frac{1}{20}$ $\pm$.

gromètres ou psychromètres et de veiller alors à maintenir le degré d'humidité paraissant le plus favorable à l'achèvement des pièces. Si la cave est trop humide, on met sur le sol de la paille ou même des terrines remplies de chaux vive; on met des vases pleins d'eau sur le poêle ou les tuyaux si l'atmosphère est trop sèche.

Moulins à caillé. — Pour les fromages à pâte très

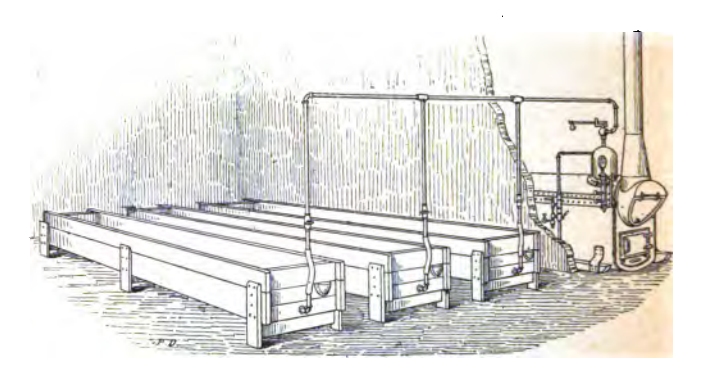


FIG. 102. — GRANDES CUVES AMÉRICAINES.

dure et sèche comme certains fromages américains, danois ou hollandais, le caillé est préparé à température assez haute et avec une forte quantité de présure. Le coagulum ne pourrait former une pâte compacte si l'on n'en brisait la masse par un concassage préalable. Le moulin employé pour ce broyage est des plus simples : que l'on imagine un axe horizontal portant dans son plan deux ou quatre peignes en métal à dents légèrement courbes. Ce système traversera à chaque rotation le plan de deux autres peignes fixes situés dans le plan horizontal, les dents se pénétrant mutuellement. Dans l'appareil ainsi disposé et mis en rotation peu rapide, 40 à

5o tours, on jette les gros grumeaux de caillé qui sont distribués par une trémie ; ils arrivent par leur pesanteur dans les engrenages dont nous avons parlé, et les morceaux qui sortent de l'appareil ont au plus, comme dimension transversale, l'intervalle qui sépare deux dents consécutives, l'une du peigne fixe, l'autre du peigne mobile, c'est-à-dire quelques millimètres au plus. Ces moulins sont mus soit à la main, soit au moteur.

Les presses de fromagerie. — Dans la fabrication des fromages durs et secs, on facilite singulièrement la sortie du wei par une pression appropriée qui peut être d'autant plus forte que le caillé a été préparé à température plus élevée et avec une quantité de présure plus considérable.

Les presses employées sont à levier ou à vis dans le genre des presses à viande ou des pressoirs à vin. Il existe tout d'abord entre ces deux classes d'instruments une différence capitale : lorsque l'on exerce une pression avec une presse à vis, il est possible de graduer la force exercée à volonté au moment où on manœuvre la vis; on peut par exemple avec les indications d'un manomètre interposé connaître la pression par centimètre carré et l'établir au chiffre voulu, mais lorsqu'on se sert de ces presses à vis, la matière saisie se tasse petit à petit, dans les fromages, le wei s'écoule et la matière pressée diminue de volume; la vis conservant la position primitive, il s'ensuit que la pression diminue et que l'on est obligé de temps en temps de la ramener au degré voulu en redonnant quelques tours. C'est là un assez grave inconvénient, car on est conduit à exagérer la pression au début pour ne pas avoir à toucher trop tôt à la vis et la pression va en diminuant, alors qu'une augmentation graduelle serait au contraire bien plus favorable pour le travail à effectuer.

Cependant ces presses à vis sont encore appliquées dans certaines fabrications : pour le pont-l'évêque, on se sert de petites presses de la construction la plus simple possible : un socle en bois supporte un étrier de fer et c'est dans la partie horizontale qu'est taraudé l'écrou fixe, la vis est manœuvrée à la main par l'intermédiaire d'une clé ou d'un petit volant, chaque presse ne sert

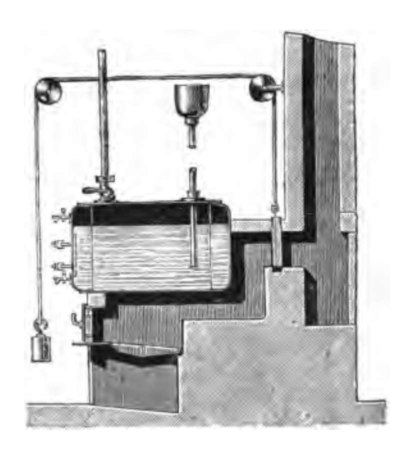
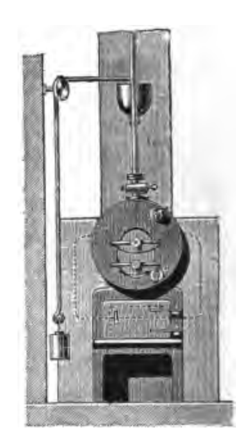



Fig. 103. — Petit générateur pour fromageries.

qu'à un fromage à la fois et il faut donc une assez grande quantité de ces petits instruments pour une fabrication assez importante; il est évident que dans ces fabrications on se préoccupe peu de la valeur de la pression et que l'on règle par appréciation le serrage à effectuer.

Une presse à vis d'invention américaine donne une économie plus considérable de main-d'œuvre en permettant d'opérer sur un grand nombre de pièces avec une seule machine.

Cette presse consiste en une grande auge ou une gout-

tière demi circulaire dans laquelle on range de champ les fromages et des disques de bois séparant les pains consécutifs, puis quand tous ces fromages sont ainsi alignés et séparés les uns des autres on donne la pression par la vis, elle se communique à tous les fromages et on la renouvelle lorsque l'égouttage paraît avancer.

Cette disposition n'est pas à recommander malgré les

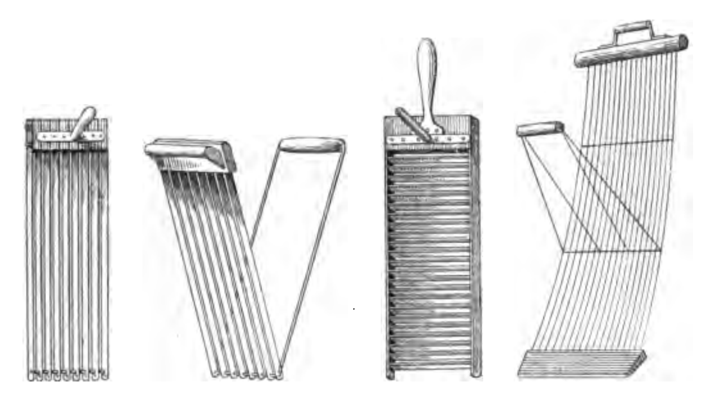


Fig. 104. — Modèles de lyres américaines pour rompre le caillé.

avantages qu'elle présente au point de vue de l'économie de main-d'œuvre et d'emplacement.

La presse agit surtout sur les fromages qui sont rapprochés de la vis, mais la pression ne se transmet ni immédiatement ni également sur toute la longueur ; il est facile de se rendre compte de ce fait en supposant une presse de dimensions horizontales énormes, exagérées ; il est évident que les fromages éloignés ne recevraient rien ou presque rien à l'origine, et ne seraient pressés que peu à peu, à mesure que la compression se propagerait.

Les presses à levier sont beaucoup plus rationnelles; lorsque le fromage s'affaisse, le poids le suit et la pression est par cela même constante; si l'on a à la revoir, à l'augmenter, on n'a qu'à pousser un poids tenseur ou à ajouter quelques poids supplémentaires.

Les types de ces presses sont nombreux, mais en principe, ils peuvent se ramener au type du levier simple dont le point d'appui est le fromage; le bras le plus long porte le poids agissant.

Il est facile de placer ce poids en dessous des tables où l'on travaille les fromages, la pression est alors renvoyée par un étrier rigide dont le bras horizontal appuie sur le pain par l'intermédiaire du disque de bois répartissant la pression.

Cette presse ainsi disposée est un peu encombrante pour le service de la chambre de la fromagerie et aujourd'hui on préfère en général la placer au-dessus de la table.

La disposition est simple, le levier est un madrier, une solive, un fer à double T dont un des points est fixe et représente le centre de rotation, le bras peut tourner autour d'un axe horizontal et appuyer alors sur le disque de bois qui recouvre le fromage.

Un débrayage et un embrayage facultatifs sont indispensables dans ce cas. Le moyen le plus pratique d'établir ou de suspendre la pression consiste à attacher à l'extrémité du levier une chaîne passant sur une poulie, lestée d'autre part et terminée par une poignée. En tirant sur le brin pendant de cette chaîne, on soulève le levier et on supprime la pression; en abandonnant la poignée, le levier retombe de tout son poids.

Pour débrayer, le fromager tire la poignée à lui et après une certaine course accroche l'anneau terminal à un clou fixé au mur, la chaîne soutient alors en l'air, le levier et ses accessoires, la pression ne s'exerce

plus : en laissant flotter la poignée, la compression s'exerce puisque le levier est devenu libre.

Une autre disposition plus élégante consiste à monter sur le disque de bois pressant un fût de fonte percé en son centre et taraudé. Dans son pas de vis s'adapte une

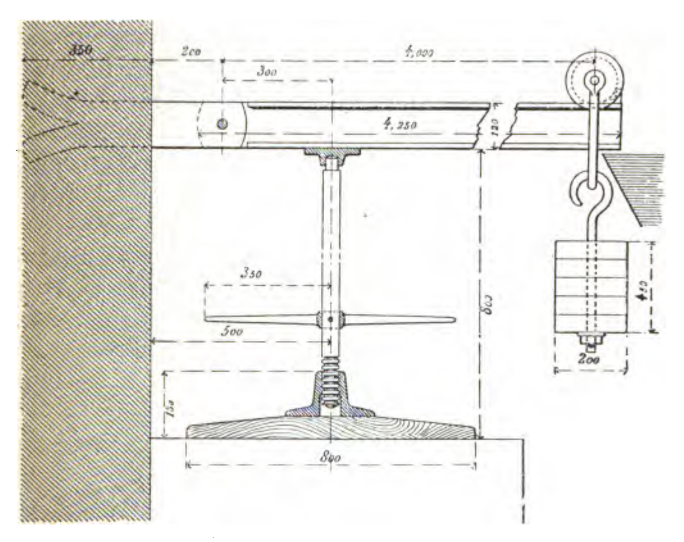


FIG. 105. — GRANDE PRESSE POUR EMMENTHAL, CONSTRUITE PAR DEROY.

vis verticale, munie d'un volant et aboutissant à la partie supérieure dans une logette hémisphérique.

Si l'on tourne la vis à l'aide du volant, le levier s'approche ou s'éloigne de la table en s'inclinant plus ou moins autour de son axe horizontal; un butoir fixe placé à l'extrémité opposée aux tourillons reçoit et supporte le levier et ses poids quand la presse est débrayée.

Ce sont ces grandes presses que l'on monte pour la

compression des gruyères ou des emmenthals; le fer à T a 4 mètres de longueur et plus, le poids tenseur peut dépasser 100 kil., de sorte que la compression sur le pain de fromage est à volonté de 15 ou même de 20 kil. par kil. de fromage pressé; la pression totale atteint dans certaines presses 2000 kil. et plus.

Pour les pains plus petits, on a établi en Angleterre et en Allemagne des presses de plus faibles dimensions dans lesquelles le levier qui serait trop long et embarrassant est coupé en deux et à action divisée. La première partie agit comme levier simple; dans la seconde, le point d'appui du deuxième levier s'appuie sur l'extrémité du premier, et c'est à l'extrémité du second que l'on applique le poids tenseur.

La pression ainsi obtenue se calcule sans difficulté si R est le rapport des bras du deuxième levier et P le poids appuyant sur le grand bras du premier est PR, et si R' est le rapport du premier, la pression totale est PRR', PR^2 si les leviers sont semblables ou si les bras sont égaux et semblablement disposés.

La disposition de ces petites presses du commerce mérite une description spéciale.

L'organe de la pression est une vis qui repose à sa partie inférieure dans une crapaudine; en bas elle porte un volant au moyen duquel on peut la faire tourner à volonté. Cette vis passe sans le toucher dans l'étrier du bâti et elle tourne dans un écrou placé au premier point d'appui du premier levier. L'écrou est légèrement mobile autour de deux tourillons horizontaux, afin qu'il se place toujours de lui-même dans la direction de la vis. Par cette disposition en manœuvrant le volant, on monte ou on abaisse le premier levier; la vis prolongée traverse le deuxième bras de levier qui est dans le même plan vertical, mais cette fois elle ne le touche pas, le

deuxième bras présente au point de rencontre une large bague dans laquelle passe librement la vis de la presse.

En temps ordinaire, lorsqu'il n'y a pas de pression à

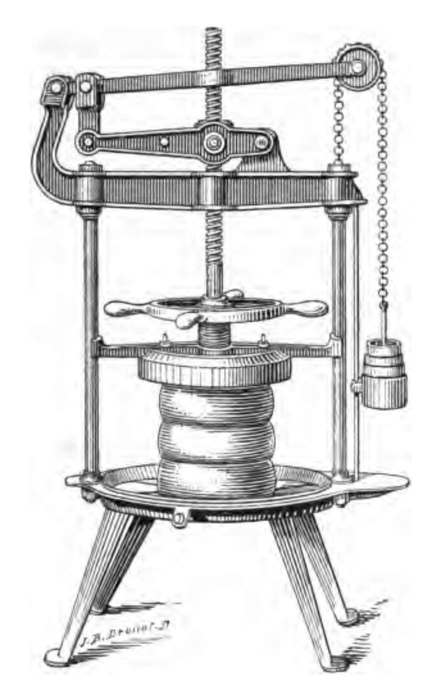


FIG. 106. — PETITE PRESSE POUR FROMAGES.

exercer, le volant a été tourné de telle sorte qu'on a diminué suffisamment la distance du premier point d'appui à la crapaudine pour que le deuxième levier repose sur un des montants du bâti. Il n'y a donc plus aucune pression, l'appareil est au repos; mais alors si

par quelques tours de volant on augmente la distance du plateau au point d'appui, les deux leviers se relèvent et la pression s'exerce. La pression peut être établie selon les besoins, elle est produite au moyen de poids que l'on ajoute à volonté, agissant par l'intermédiaire d'une chaîne à l'extrémité du deuxième bras de levier.

Cette disposition et cette manœuvre rappellent tout à fait la presse des emmenthals et on y retrouve les mêmes avantages : la pression est constante pendant tout le temps qu'elle s'exerce; on peut la faire varier à volonté pour les différents travaux à effectuer.

Ces petites presses, construites de différents modèles de grandeurs, sont parfois accolées par deux ou même par trois pour diminuer les frais de bâtis.

Les pressions à exercer ne sont du reste jamais très considérables; on les pousse au maximum jusqu'à 18 ou 20 kilog. par kilog. de fromage pressé, c'est une demi-atmosphère au plus.

Machines à presser les tomes dans la fabrication du cantal. — Cette machine mérite une mention spéciale, car elle constitue un réel progrès dans la fabrication d'un produit très intéressant et jusqu'à ce jour préparé avec bien peu de soins.

L'appareil consiste en une espèce de maie supportée par quatre pieds de 75 centimètres de hauteur environ. Le fond de cette maie est rectangulaire et ondulé dans sa partie longue, autrement dit rayé de rainures longitudinalement. Ces rainures ont environ deux centimètres de profondeur; il y en a quatre, deux creuses et deux bombées. Le fond a une inclinaison calculée et n'est percé que d'un seul trou sur le devant de l'appareil. Par la combinaison d'une petite planchette mobile placée obliquement devant ce trou, la tome malgré la pression qu'elle subit, ne peut arriver à l'orifice et par conséquent ne

peut le boucher, ce qui permet au petit lait une évacuation constante.

La maie a la forme longue, les côtés évasés, le bout inférieur oblique en dedans de la maie, tandis que celui

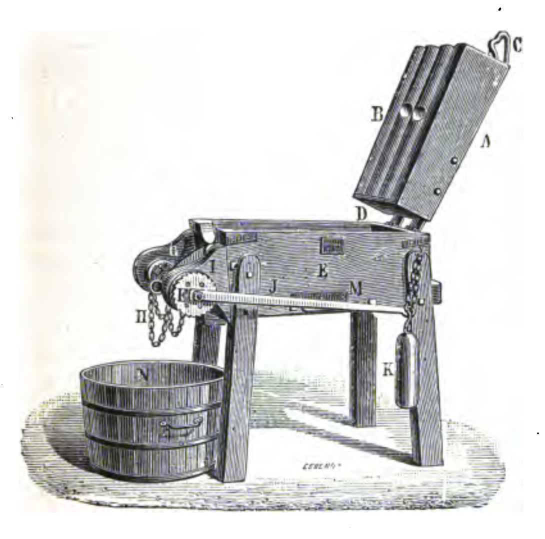


FIG. 107. -- MACHINE A PRESSER LES TOMES DE CANTAL.

de dedans oblique au contraire en avant. Sur l'avant de cette maie est un petit tour muni de deux encliquetages servant à presser progressivement la tome au moyen d'un levier, actionné par un contrepoids indiqué sur le dessin.

Le compresseur est fait sur le même modèle que la maie; il en diffère en ce sens que la partie inférieure est moins haute que le devant de 4 centimètres pour suivre l'inclinaison de la maie. Le dessous du compresseur est

également rainé et ondulé comme la maie qui reçoit la tome, avec cette différence que les rainures se contrarient avec celles du fond de la maie; de plus, il y en a 4 latérales qui partagent les longitudinales pour permettre au petit lait de s'échapper en suivant ces méandres. De chaque côté du compresseur, il y a quatre trous faits à la gouge pour aider à l'évacuation : ces trous sont en forme de gouttes d'une profondeur de deux centimètres.

L'intérieur du compresseur est fait en forme de boîte longue et garni d'un couvercle percé d'un trou rond destiné à laisser passer le bras d'un homme; c'est par ce trou qu'on introduit une brosse tenue à la main pour effectuer le nettoyage. Ce récipient est fait et destiné à recevoir de l'eau chaude, au moment des grands froids, pour aider à l'évacuation du petit-lait et remplacer la chaleur que le genou du vacher conserve à la tome.

La pression se fait à l'aide d'un levier de la longueur de l'appareil; ce levier est muni d'un cliquet qui vient s'engrainer sur le rochet moteur placé à l'extrémité du petit tour.

Une chaîne, passée dans une potence adaptée sur le devant du compresseur et reliée au tour par deux crochets, s'enroule autour, au fur et à mesure que le poids descend; ce poids est placé à l'autre extrémité du levier, c'est-à-dire à la partie inférieure de l'appareil.

Entre les deux supports du tour, est placé un autre rochet, muni aussi de son cliquet, destiné à recevoir le compresseur au fur et à mesure que le contrepoids des cend avec le levier.

Une fois la tome placée dans la maie, le levier fonctionne seul avec son poids et serre progressivement et lentement le caillé; le petit-lait s'écoule doucement.

Appareil à succion. — Cet appareil a pour but de hâter l'égouttage et de permettre de mouler et de dé-

mouler immédiatement le caillé obtenu, surtout avec des laits maigres.

Pour cela, on commence par préparer un caillé assez serré en opérant sur le lait maigre à la température de 35 à 38 degrés, en employant une quantité assez forte de bonne présure danoise.

Il ne faut pas perdre de vue que le but à atteindre est simplement de condenser sous un volume assez faible les matières nutritives du lait écrémé, qu'on n'obtiendra, avec ce lait écrémé, que des produits d'une faible valeur, et que par conséquent, il n'y a pas lieu de chercher à produire les caillés fins et moelleux des fabrications basées sur l'emploi du lait complet.

Lorsqu'au bout d'une demi-heure environ le caillé est pris et que le petit-lait commence à se séparer, on découpe grossièrement la masse et on la jette dans le vase de l'appareil à succion.

Ce vase consiste en principe en un réservoir à parois de caoutchouc mobile et à fond filtrant.

Une toile métallique fine forme le fond du vase dont la partie inférieure communique avec un appareil d'aspiration composé d'une pompe aspirante et d'un réservoir intermédiaire pour les liquides.

En faisant un vide modéré au moyen de la machine, le petit-lait se sépare du caillé, puis est aspiré et disparaît ; on aide la séparation en remuant doucement la masse.

L'agitateur, mu à la main ou à la machine, porte à la partie inférieure une brosse qui frotte contre la toile métallique et la débarrasse des petites particules de caillé qui viendraient à l'obstruer.

La filtration est rapide, et, en quelques instants le caillé est bon à être moulé. Le moulage s'effectue, selon les appareils, dans le vase même qui a servi à la succion ou au moyen d'une presse spéciale et d'un moule de bois

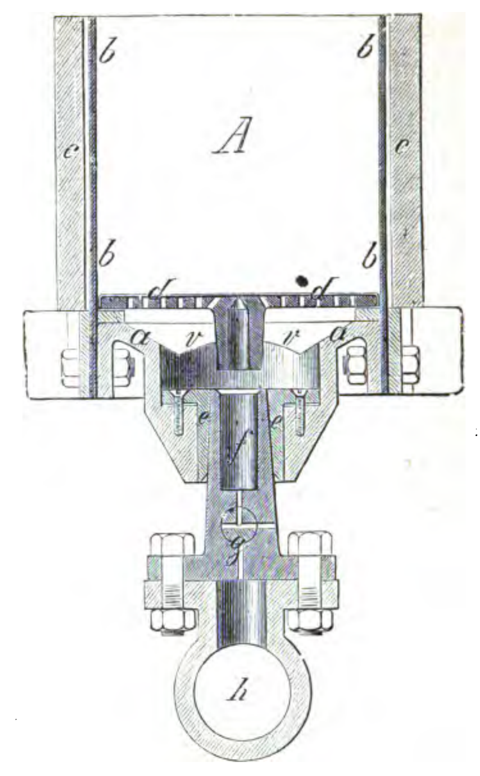


Fig. I.

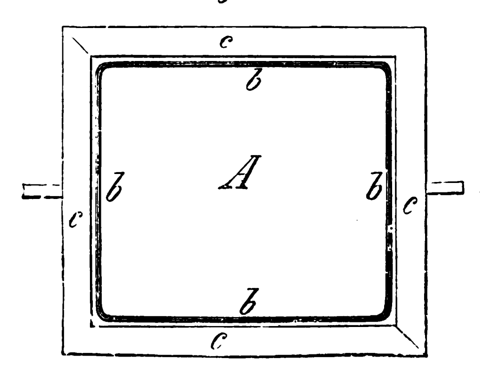


FIG. 108. — APPAREIL A SUCCION.

avec piston; ce dernier procédé permet d'obtenir des fromages plus épais.

Quels qu'ils soient, ces fromages ne méritent pas grand affinage; ils constituent un aliment excellent puisque le produit contient toute la caséine ou, en d'autres termes, toute la matière la plus nutritive du lait; mais ces fromages sont secs et n'ont pas beaucoup de goût.

Nous conseillons donc de dépenser peu pour un affinage qui serait à peu près exécuté en pure perte et qui, sans donner un goût sensiblement meilleur au produit, ne se résumerait que par une diminution de la quantité d'azote contenu, cet azote disparaissant en partie dans la fermentation ammoniacale.

Tels quels, après quelques jours, pendant lesquels les fromages laissent égoutter un petit-lait dont on facilite encore la sortie par le salage, on obtient un produit très sain et nutritif, parfaitement à sa place dans l'alimentation populaire.

Le lait aspiré par l'appareil à succion ne renferme plus beaucoup de matières utiles, et on peut l'employer aux irrigations ou le mêler à la nourriture des porcs.

CHAPITRE III

FABRICATIONS SPÉCIALES
FROMAGES MOUS NON FERMENTÉS

Fromages à consistance molle. — *Non fermentés, frais et à la crème.* — La fabrication des fromages maigres est des plus simples. On commence par abandonner le lait à lui-même dans un endroit frais pour que la crème ait le temps de monter avant la coagulation spontanée ou provoquée du caséum.

Une fois la crème enlevée, on fait écouler le petit-lait, on enlève le caillé avec une écumoire en bois ou en fer-blanc et on en remplit des moules en osier de grandeur variable. On fait égoutter le caillé dans ces moules et on accélère la séparation du petit-lait au moyen d'une planchette chargée d'un poids assez lourd. Il convient d'éviter que la température du local où se fait l'égouttage ne descende au-dessous de 18 degrés.

Le caillé suffisamment égoutté constitue le fromage auquel on donne le nom de *maigre, mou, à la pie;* il se mange ordinairement en y ajoutant un peu de sel.

Les maisons qui vendent le lait en gros utilisent, en toute saison, les laits invendus, en les transformant en fromages blancs de mai en octobre et en fromage façon brie pendant le reste de l'année.

Voici comment on opère : Les excédents de lait sont versés dans de grandes cuves et abandonnés à eux-mêmes pendant plus ou moins longtemps, suivant la saison : 24 à 36 heures en été et deux à trois jours en hiver.

La crème est enlevée dans la proportion de un litre de crème pour 10 litres de lait et transformée en beurre.

Le lait partiellement écrémé est mis en présure à la température de 25 degrés, et lorsque la coagulation est complète on enlève le petit-lait et on dresse les fromages dans des *cajets* posés sur des paillassons. Au fur et à mesure du remplissage des cajets, on les porte sur un égouttoir composé de plateaux superposés et quand ils sont suffisamment égouttés on les introduit avec leurs cajets dans des cylindres en fer battu qui servent à les transporter chez les marchands au détail.

Fromages à la crème. — Pour fabriquer ces fromages on se sert d'un tamis double, en crin, que l'on introduit dans une terrine vernissée intérieurement et dont le diamètre permet au tamis de rester suspendu à 8 ou 10 centimètres au-dessus du fond du récipient.

On fait tomber sur ce tamis du caillé très doux bien égoutté que l'on délaye avec une quantité convenable de crème fraîche et que l'on écrase avec un pilon en bois. On remplit avec cette pâte un moule en osier garni d'une mousseline et au bout de deux heures on a des fromages, dits à la crème, que l'on vend après les avoir additionnés d'une certaine quantité de crème fraîche. Le moulage se fait à la main ou mécaniquement dans de petits cylindres de métal, on l'exécute au lieu même de consommation.

Fromages double crème. — On comprend sous cette dénomination les fromages dits suisses; les fromages de Neufchâtel, dits bondons, petits carrés et malakoffs.

On obtient la pâte propre à la fabrication de ces fromages en mélangeant intimement du lait pur et de la crème fraîche dans la proportion de cinq litres de crème fraîche pour 32 litres de lait pur et en portant le mélange à la température de 15 à 18 degrés qui ne doit pas être dépassée. Ensuite, on ajoute au liquide la quantité de présure nécessaire pour obtenir une coagulation très lente indispensable à la formation d'un caillé onctueux. L'égouttage se fait en déposant le caillé sur des toiles que l'on replie ensuite pour former une série de matelas que l'on introduit dans une caisse à claire-voie et dont le fond, percé de trous, repose sur un égouttoir. Pour activer l'égouttage du petit-lait, on ajoute un poids; au bout de quinze à dix-huit heures que dure habituellement l'égouttage, on malaxe la pâte en y ajoutant une certaine quantité de crème plus ou moins épaisse, on laisse ressuyer sur une table pendant une heure environ et on procède au moulage qui peut s'effectuer de deux manières : à la machine ou à la main.

Une fois moulés, les fromages sont posés debout dans des boîtes de sapin qui en contiennent une douzaine et séparés trois par trois par de petites planches afin de les empêcher de s'attacher l'un à l'autre.

Ces fromages s'altèrent très rapidement à l'air et prennent un goût aigrelet et une odeur rance; pour les conserver plus longtemps, on les transforme en fromages *demi-sel* qui restent bons pendant huit à dix jours. La dose de sel à employer est de 2 pour 100. Le sel doit être parfaitement sec et très fin (1).

(1) Pouriau, *la Laiterie.*

CHAPITRE IV

FROMAGES MOUS AFFINÉS. — DIAGRAMME ET INSTALLATION D'UNE FROMAGERIE

Fromages à pâte fermentée. — Nous en arrivons à la description des différents fromages : Ainsi que nous l'avons dit, notre intention n'est pas de mentionner toutes les fabrications, la tâche serait trop longue pour cet ouvrage et nous renverrons pour ces monographies spéciales aux traités de Pouriau, de Fleischmann et aux articles ou brochures de Huesli ; Rigaux, *Gruyère ;* Jeune fromager, *Mont d'or ;* Chabory, *Gex*, fromage bleu ; Ch. Martin, directeur de Mamirolle, *Chalet modèle et chauffages ;* Brunel, directeur de Saulxures, *Géromé ;* Jacopo Rava, *fromages italiens ;* Holman, *Hollande ;* Décauville, *Brie,* etc., etc.

Nous nous contenterons de décrire avec détails la fabrication de quelques-uns des fromages les plus répandus ou dont la fabrication sert de type à un grand nombre de sortes semblables : c'est ainsi que nous prendrons le gruyère parmi les fromages cuits ; le camembert, le mont-d'or, parmi les fromages affinés, etc. Cette marche nous permettra de passer rapidement sur les fabrications similaires.

Fromage de Camembert. — Le camembert, le

brie, le coulommiers sont les types de nombreuses variétés de fromages mous affinés, c'est-à-dire de fromages dans la maturation desquels les mucédinées jouent un rôle important; ce sont les moisissures qui commencent la digestion de la caséine; ce sont les aérobies qui la continuent et la maturation se propage de la surface à l'intérieur.

Parmi tous ces fromages à pâte molle, le camembert passe avec raison pour un des meilleurs et des plus délicats; c'est un fromage de luxe dont le prix est toujours assez élevé parce qu'il doit être mangé à un point précis de maturité; s'il n'est pas complètement fait, la pâte intérieure reste blanchâtre, insipide et fade; s'il est trop mûr, sa pâte se ratatine par la sécheresse, son goût devient fort et piquant, ou bien si les anaérobies ont trouvé les conditions favorables à leur développement la pâte est devenue jaune et coulante.

Dans le fromage mûr à point, la pâte est homogène, fine et moelleuse, douée d'une saveur douce et agréable, elle fond dans la bouche, la digestion en est facile; c'est un des meilleurs aliments qui se puissent rencontrer, si l'on s'en rapporte à la composition chimique; c'en est un des plus délicieux au dire des gourmets.

Toutes ces qualités recherchées ne sont obtenues qu'à l'aide de grands soins dans la fabrication, et nombreux sont les producteurs qui n'apportent pas à cette fabrication toute l'attention et toute la propreté nécessaires ou qui, dans un but d'économie mal entendue, ne laissent que trop peu de crème dans le lait; nombreux sont ces mauvais fabricants qui ne livrent au commerce que des produits défectueux, communs et n'ayant de camembert que l'étiquette. Puis malgré toutes les précautions, il semble encore que la réussite ne soit pas toujours certaine, et c'est en vain que l'on a essayé à plusieurs

reprises d'introduire la fabrication de ces fromages en Angleterre, en Allemagne, etc. En France même, elle ne réussit pas partout, et les marques renommées proviennent de quelques localités privilégiées de la Normandie. Quelques fromages de l'Ille-et-Vilaine, de la Meuse, de la Haute-Marne, sont de bonne qualité incontestablement, mais ne peuvent cependant rivaliser avec les camemberts du Calvados. C'est d'après des notes prises dans différentes laiteries de ce dernier département que nous décrirons la fabrication.

En général on fabrique le camembert avec du lait un peu écrémé; on peut écrémer la traite du soir et la mélanger le lendemain avec celle du matin même.

Lorsque le lait a été passé et versé dans de grandes terrines en grès ou dans des baquets en bois, on met en présure à la température de 26 à 27 degrés centigrades. Quant à la dose de présure qu'il convient d'employer, elle ne peut être indiquée d'une façon absolue parce qu'elle dépend de diverses circonstances dont il faut avoir soin de tenir grand compte, telle que la saison, la qualité du lait, la race et la nourriture des vaches, etc. On doit, quand on connaît la force de la présure, calculer la quantité nécessaire de telle sorte que la coagulation se fasse lentement mais sans dépasser une durée de cinq heures au grand maximum et sans être inférieure à deux heures au moins. Il faut faire en sorte que la crème ne se sépare pas du lait et demeure emprisonnée uniformément dans toute la masse du caillé; il est indispensable d'écarter rigoureusement une présure inférieure, mal préparée et dont l'odeur désagréable pourrait se communiquer au fromage.

Le temps de coagulation est assez variable suivant les fromageries; on semble en général trouver avantage à coaguler à température basse et en peu de

temps, ce qui conduit à forcer la quantité de présure.

Lorsque le lait est arrivé au degré convenable de coagulation, il ne s'attache pas au doigt et se sépare franchement du sérum; en appuyant sur la surface du caillé, il doit se produire une boutonnière qui se referme ensuite spontanément.

Alors on remplit les moules avec précaution au moyen d'une cuillère à potage.

Ces *moules* auxquels on donne aussi le nom de *formes, éclisses* ou *casserettes,* d'environ 12 centimètres de hauteur et d'un diamètre égal, sont en fer-blanc et percés de petits trous destinés à favoriser l'écoulement du petit-lait. Le remplissage doit être effectué en deux ou trois fois de manière à faire passer dans chaque moule la valeur de deux litres de lait qui sont nécessaires pour la fabrication d'un fromage.

Les moules sont placés sur des nattes en jonc qui sont rangées sur des dalles ou égouttoirs en verre, en ardoise ou en bois doublé de plomb présentant une surface légèrement inclinée ordinairement vers la muraille à laquelle ces tables sont fixées et qui sont munies d'une rainure pour recevoir le petit-lait et le conduire au dehors dans une grande cuve à ce destinée ou dans les réservoirs des porcheries par des tuyaux souterrains.

Lorsqu'il fait chaud, le caillé s'affaisse immédiatement; il est alors nécessaire de remplir de nouveau le moule après quelques heures d'égouttage.

Pour que l'égouttage s'effectue rapidement et dans de bonnes conditions, il convient d'entretenir dans la partie de la fromagerie où les fromages sont dressés, une température constante et qui semble devoir être fixée à 18 degrés centigrades. Au-dessous de 17 degrés l'égouttage se fait trop lentement, le caillé se refroidit et il conserve quelquefois une trop grande humidité qui,

plus tard, nuit à l'affinage et à la bonne maturation.

Le soir ou le lendemain de leur mise en moules, les camemberts offrent assez de consistance pour être retournés; cette opération s'effectue en passant lentement la main gauche sous le moule et en appuyant la main droite sur l'orifice supérieur; on renverse alors adroitement et on replace le moule sur la natte de jonc pour faciliter l'expulsion du petit lait jusqu'au lendemain.

A chaque opération de ce genre, on saupoudre la face supérieure du fromage avec du sel fin et sec et on laisse en repos jusqu'au lendemain. Il faut avoir la précaution de faire sécher le sel et de le bluter, car le sel du commerce contient plus ou moins d'eau et possède par suite une force variable.

Après deux jours de fabrication, les fromages pèsent environ 480 grammes : on les laisse reposer deux ou trois jours sur des tablettes en bois placées dans la froma gerie; puis on les porte au haloir.

C'est à ce moment que commence le travail de maturation qui exige beaucoup d'attention et d'habitude. Les fromages passent successivement dans plusieurs locaux :

1° Haloir ou séchoir; 2° demi-haloir; 3° cave d'affinage ou de perfection.

Les séchoirs sont de grandes chambres établies autant que possible dans des endroits clairs et bien dégagés d'obstacles et de toute autre construction afin de pouvoir y obtenir, à volonté, en toute saison, une ventilation énergique ou modérée suivant le besoin, les circonstances et la variété des vents et de la température. On doit pouvoir y diriger les courants d'air à différentes hauteurs de manière à bien aérer et sécher les fromages, aussi bien en dessus qu'en dessous, le plus

uniformément possible et par catégories, selon l'ordre de la fabrication.

La température doit être toujours maintenue dans les environs de 15° et pour cela dans les fromageries modernes on adopte les ventilateurs.

On pratique des rangées d'ouvertures dans les différentes faces et dans diverses positions de façon qu'il soit facile de diriger le courant d'air sur tous les étages des claies ou tablettes supportant les fromages et d'en régler la force et la quantité.

Ces dispositions sont très importantes pour arriver à une maturation bien régulière; l'habileté et les connaissances du producteur se reconnaissent à la façon dont elles sont prises.

Pour empêcher les insectes de pénétrer dans le séchoir, les ouvertures doivent être garnies de toiles métalliques à mailles très fines; elles portent de petits volets en bois qui glissent dans des rainures et qui servent à masquer les courants d'air inutiles ou pernicieux. Dans un coin de la pièce, on ménage une cheminée de ventilation, munie d'une trappe.

Malgré toutes les précautions prises, les mouches causent dans les fromageries de grands dégats en déposant leurs œufs à la surface des fromages. On ne peut s'opposer à l'introduction de ces insectes qu'en opèrant dans l'obsccurité la dessiccation et l'affinage.

Les chambres sont alors closes, aérées par une ventilation artificielle et éclairées lorsqu'il en est besoin à la lumière électrique.

Au séchoir, les fromages sont ordinairement placés sur des *claies* ou *casiers,* espèces de treillages construits en bois mince et léger encadré dans un châssis de bois plus fort, lequel s'adapte lui-même en forme d'étagère dans des coulisses placées horizontalement et que sup-

porte un bâti mobile en forme de dressoir, établi au moyen de quatre montants en bois. Ces étagères se transportent facilement d'un point à un autre; on en établit plusieurs lignes en ménageant entre elles un passage qui permet de circuler librement.

Avant de charger de fromages les claies ou tablettes, on place sur celles-ci, en travers, quelques brins de paille de seigle bien triés et nettoyés; on dispose les fromages de manière qu'ils ne se touchent pas; on les retourne tous les jours d'abord, puis tous les deux jours seulement et, peu à peu, on les voit se couvrir de points brunâtres semblables à des taches; ces moisissures se développent de plus en plus et finissent par envahir toute la surface apparente du fromage.

Il est très important de suivre avec le plus grand soin le développement de ces végétations; elles ont une influence marquée sur la qualité du produit. Lorsque le temps est humide, il faut augmenter la ventilation du haloir afin d'empêcher le champignon de pourrir; mais ce qu'il faut redouter avant tout, c'est le soleil dont un rayon peut avoir les plus pernicieux effets.

Si les fromages sont défectueux, il faut nettoyer les claies à l'eau chaude ou les changer.

Les fromages restent de quinze à vingt jours dans ce local, après quoi ils passent dans le *demi-haloir* où la ventilation est moins énergique, l'excès d'aération devenant nuisible lorsque la maturation avance.

Lorsqu'ils ont durci et séché et qu'ils ont pris suffisamment de consistance, les fromages ne collent plus aux doigts et ils commencent à suer; la fermentation se déclare et si on juge qu'ils soient assez secs, on les place sur des *planches* ou *portoirs* pour les transporter dans la cave de perfection où ils doivent achever leur maturation; là, ils se ramollissent, se dilatent et arrivent

au degré d'affinage le plus complet. Avec des soins bien entendus, ils acquièrent ce goût et ce moelleux si recherchés des consommateurs.

Cette pièce d'affinage ou de perfection est généralement construite en partie sous terre; il est avantageux de la paver avec des carreaux et de crépir les murs et les plafonds. Les ouvertures doivent être nombreuses et vitrées, pour éviter tout courant d'air; de plus, on les garnit de volets pour empêcher l'accès des rayons solaires.

Il est nécessaire que la température de cette pièce soit constante et douce; elle doit être maintenue entre 12 et 14 degrés centigrades.

C'est dans la cave de perfection que les fromages exigent le plus de soins, il faut les surveiller sans cesse, les retourner souvent, les essuyer et les tâter pour juger de leur degré de ramollissement.

On a le soin d'enlever les parties gâtées et de mettre de côté les fromages qui se font mal. On doit surveiller avec soin l'apparition des vers, gratter la place où il s'en trouve, la laver avec de l'eau salée et ensuite égaliser la surface.

Le séjour dans la cave varie selon les saisons de l'année et le degré d'affinage auquel on veut pousser le fromage.

Si la maturation est trop avancée, le camembert s'échauffe facilement, et a une disposition à couler pendant le transport. On peut compter pour un fromage depuis la mise en présure jusqu'à l'expédition sur une durée moyenne de quarante-cinq à cinquante jours.

Le fromage livré au consommateur pèse environ 300 grammes et se vend de 60 centimes à 1 franc la pièce, livré dans Paris, pour les bonnes qualités.

La meilleure saison pour la fabrication et la consom-

mation du camembert s'étend depuis le mois de novembre jusqu'au printemps.

Fromage de Géromé. — On fait cailler le lait en trente minutes, dans des chaudrons de cuivre pourvus d'un couvercle, à la température de la chaleur animale; la masse, une fois divisée, doit reposer pendant 30 à 45 minutes, on retire la plus grande partie du petit-lait, et l'on remplit de caillé les moules en bois, faits en deux pièces cylindriques de 15 à 18 c. de diamètre, et 35 à 40 c. de hauteur, à fond percé de trous. Au bout de 12 heures, le caillé s'est tassé, et la partie supérieure peut s'enlever. Six heures après, le fromage est mis dans un second moule de 17 à 20 c. de haut; puis on le change de moule après six autres heures et l'on effectue ce manège pendant 2 jours, deux fois par jour, la température n'excédant jamais 15° c. Les fromages enlevés de leur forme sont placés sur une assiette en bois de hêtre, on les frotte tous les jours, pendant trois ou quatre jours, sur tous les côtés avec du sel (3 à 3, 5 kilog. de sel pour 100 kilog. de fromage) en les retournant chaque fois. Le salage achevé, on retourne les fromages une ou deux fois par jour pendant trois jours, un linge imbibé d'eau tiède sert à les frotter; s'ils se ramollissent, on les remet dans leurs formes, et ensuite pour la dessiccation on les transporte dans un endroit sombre, à l'abri des mouches; de là on les place dans une cave, celle-ci doit être fraîche et tempérée; ils se font en 3 à 6 mois selon leur dimension. Dans la cave, les fromages doivent être retournés; si toutefois ils se durcissaient, on les humecterait avec de l'eau tiède un peu salée. Les fromages prenant une teinte rougeâtre peuvent être livrés au commerce : on les emballe, dans une boîte de sapin. En gros, ils reviennent de 90 c. à 1 fr. le kilog. Ceux dont la pâte a été mélangée avec

du cumin des prés ont une teinte verdâtre, et ressemblent au roquefort.

En 1888, on a expédié près de 6,000,000 de kilos façons géromé sur les marchés de Paris, Besançon, Lyon, Marseille et Alsace-Lorraine; si l'on ajoute à ce total le montant de la consommation locale, on arrive à un total approximatif de 7,000,000 de kilos pour la production totale de cet excellent fromage.

Près de Remiremont, on fabrique des fromages dits de luxe avec du lait de vache non écrémé, sans cumin; ce sont des fromages qui ne pèsent que 500 gr. pièce.

En considérant un fabrication moyenne, on peut compter sur une quantité approximative de 12 à 13 kil. de lait pour la préparation d'un kilog. de fromage frais.

Le transport lointain ou prolongé expose à des dangers ou à des incertitudes.

Cette fabrication du géromé a fait dans ces dernières années de très grands progrès, grâce aux travaux et au dévouement de M. Brunel, directeur de l'École de Saulxures.

La fabrication perfectionnée, l'emploi des moules en tôle émaillée, la propreté et les soins ont permis aux marcaires de livrer au commerce des produits de qualité excellente dont le prix est allé notablement en augmentant dans ces dernières années.

Brie. — C'est principalement dans les départements de Seine-et-Marne, Marne, Seine-et-Oise, Meuse, Aisne, Indre-et-Loire, Allier, etc., que l'on fabrique le fromage de Brie. C'est un fromage cylindrique ayant environ 40 cent. de diamètre et pesant à peu près 3 kilos.

On ne doit prendre pour cette fabrication que du lait très frais et de bonne qualité. Les meilleurs fromages sont faits avec du lait complet ou n'ayant subi qu'un

écrémage spontané et très faible. La mise en présure s'opère à une température de 30°; dans la plupart des fromageries on l'obtient en refroidissant le lait frais trait par du lait un peu écrémé. La quantité de présure doit être telle que la prise soit lente, deux à trois heures; lorsque le petit-lait s'isole, on transporte le caillé sans le rompre dans des moules cylindriques et ayant de 10 à 12 cent. de hauteur, puis par la partie inférieure, le liquide s'égoutte à travers les clayonnages en jonc, sur lesquels on a posé les moules. Peu à peu le caillé finit par s'affaisser, on en ajoute alors une nouvelle proportion qui quelquefois se soude mal à la première. Ces deux couches peuvent se voir parfaitement dans les fromages mal faits. Après 24 heures de repos on retourne la masse qui se contracte de plus en plus. On profite de ces différentes phases pour saler le fromage sur les deux faces. Lorsque la consistance est suffisante, on les retire des moules et on les porte dans une cave où on maintient une température de 12 à 14°. Les bons fromages ne doivent être ni plissés ni frisés, ils peuvent après 5 ou 6 semaines de travail être livrés à la vente. Il faut avoir soin de laver toujours les paillons. Bien fait, ce fromage est d'un bon rapport. 100 kil. de lait donnent en moyenne 15 kil. de fromage.

Coulommiers. — C'est un fromage cylindrique mesurant environ 13 centimètres de diamètre, sur 3 centimètres de hauteur.

Les fromages affinés se vendent frais et peu salés, mais ils n'atteignent pas les qualités du Brie.

Ces fromages sont fabriqués rarement avec du lait complet, plus souvent avec du lait fortement écrémé; on n'a aucun avantage à les faire trop gras. La fabrication la plus avantageuse est celle de l'été.

Le rendement est à peu près celui du Brie, 100 kilo-

grammes de lait donnent 11 à 12 kilogrammes de fromage.

On en prépare de plus grand format dont le poids atteint alors 500 et même 550 grammes.

Fromage d'Olivet. — Le fromage d'Olivet a pour lieu d'origine un gros bourg situé sur la rive gauche du Loiret, à 4 kilomètres au sud d'Orléans, sur le plateau où commence la Sologne.

Les cultivateurs de ce pays prennent un soin extrême de leurs herbages, qu'ils fument avec des engrais à base de sels alcalins et le fromage spécial qu'ils fabriquent est depuis longtemps renommé dans les environs.

D'Olivet, cette industrie à passé la Loire et s'est installée dans tous les environs d'Orléans, ainsi que dans la vaste plaine dont Châteauneuf-sur-Loire est le centre et qu'on a appelée la Sologne de la rive droite.

En principe, la fabrication se rapproche de celle du camembert et du mont-d'or.

Il en existe trois catégories : blanc, bleu et affiné.

Le lait destiné à fabriquer l'Olivet n'est jamais écrémé.

Quatre à cinq jours après la mise en moules, on obtient un fromage blanc propre à la consommation.

Quinze jours après environ, il est couvert de végétations cryptogamiques (*Penicillium glaucum*) qui donnent à l'écorce cette teinte générale bleuâtre, d'où vient sa dénomination de fromage bleu.

A cet état, il pèse environ 500 grammes, et pour le produire, on a employé deux à trois litres de lait, suivant la saison.

Le fromage bleu s'affine ensuite par un contact d'à peu près trois semaines avec de la cendre de sarment de vigne, ou, à défaut, avec de la cendre de bois très fraîche.

La première lui communique son arome spécial très délicat.

Le fromage d'Olivet est essentiellement un produit de la petite culture, car il exige des soins constants qui coûteraient trop en industrie.

Le mont-d'or (1). — Ce fromage tire son nom d'une localité du département du Rhône, appelé le Mont-d'Or-Lyonnais, comprenant plusieurs communes où il y a environ un demi-siècle, était monopolisée sa fabrication.

Le mont-d'or était fait exclusivement avec le lait de chèvre. Dès le début la réputation de ce fromage fut telle que sa fabrication franchit bientôt les limites du rayon où elle s'exercait pour s'étendre loin de son berceau et subir de notables modifications.

En effet, depuis l'extension du mont-d'or, les procédés de fabrication ne sont plus ceux d'autrefois, et la matière première elle-même s'est modifiée : au lait de chèvre pur, qui donnait un fromage de première finesse, on a substitué celui de vache et même souvent, on emploie du lait que l'on a appauvri par l'écrémage.

C'est à l'exagération de ces manœuvres qu'est due la dépréciation qui s'accentue de plus en plus chaque jour sur des produits autrefois si renommés et que l'on délaisse partiellement maintenant pour les autres marques de fromages mous.

Cependant on rencontre d'assez importantes fabriques de mont-d'or dans les départements de l'Eure, de l'Oise, de l'Ain, de l'Aisne, de l'Isère et du Rhône.

Fabrication du mont-d'or. — Le lait amené sur les lieux du travail doit être vérifié aussitôt son arrivée, par les procédés ordinaires.

Le lait qui offrira la plus légère acidité sera scrupuleusement écarté pour être converti en beurre; la moindre

(1) Voir la brochure *le Mont d'Or,* par un jeune fromager.

incorporation de pareil lait dans la livraison faite au fromager suffirait à gâter une fabrication.

Après cet examen le lait est passé au tamis fin pour être débarrassé des corps étrangers.

Du tamis, il tombe directement dans une chaudière en cuivre dont la capacité est basée sur l'importance du travail : 800 à 1,000 litres généralement.

Cette chaudière est suspendue à une pièce horizontale (bois ou fer) maintenue par un montant mobile, sorte de crémaillère, qui permet d'isoler la chaudière du foyer placé de côté; cet appareil est, on le voit, des plus rudimentaires.

Il convient au chauffage fait au bois le plus communément, bien que fort inférieur à celui produit par la vapeur ou le bain-marie qui se règle plus facilement et ne peut communiquer aucune odeur au lait.

Un thermomètre baignant dans le lait guide pour le chauffage de la chaudière.

Emprésurage. — On procède ensuite immédiatement à l'emprésurage, et pour obtenir tout l'effet utile de cette opération, il faut tenir compte rigoureusement des températures du lait et de l'air.

Choix de la présure et du colorant. — La coagulation de la pâte du mont-d'or devant avoir lieu entre 25 et 30 minutes, on peut se baser sur les coefficients pratiques du tableau suivant :

Température extérieure.	Très chaude.	Chaude.	Ordinaire.	Froide.	Très froide.
Température à laquelle on doit chauffer......	22 à 24°	24 à 26°	26 à 28°	28 à 30°	30 à 32°
Cuillerées à bouche de présure (1) à employer par 100 litres de lait..	1 à 1 1/2	1 1/2 à 2	2 à 2 1/2	2 1/2 à 3	3 à 3 1/2

(1) La présure supposée à 1 sur 10.000.

Lorsqu'on travaille des laits légèrement avariés ou écrémés, il est nécessaire de diminuer légèrement le degré de chauffage et la quantité de présure.

Caillement. — Le lait mis en présure est remué pour le bien mélanger, et c'est à ce moment qu'on ajoute le colorant si cela est nécessaire. On abandonne le lait au repos; la pièce où a lieu la mise en présure doit être maintenue à une température d'environ 20 degrés.

Dans les circonstances normales, vingt-cinq à trente minutes après l'emprésurage, on examine si le lait est *pris;* pour s'en assurer, on enfonce un doigt dans la *masse,* on le courbe légèrement en le retirant; si les sections ainsi occasionnées restent nettes, on peut rompre le caillé.

Aussitôt que le coagulum est bien formé, on le fractionne au moyen d'un diviseur quelconque, jusqu'à ce que le caillé soit réduit en petits grains ; il est utile d'effectuer cette division en prenant la précaution de commencer d'abord et lentement par des côtés de la chaudière pour, en agissant avec plus de vitesse, terminer au centre.

Le rompage méthodiquement fait, on abandonne le tout au repos ; le caillé, d'une densité supérieure à celle du petit-lait, reste au fond de la chaudière. A ce moment, on passe un crible sur la surface de la masse dont le petit lait se sépare et on l'extrait à l'aide d'un vase (seau) pour le diriger au moyen de tuyaux vers des auges placées dans un local spécial.

Moulage. — Lorsque les deux tiers du sérum, petit lait ou maigre sont enlevés de la chaudière, on puise à même son contenu avec le seau qu'on vide après sur des toiles, dites toiles à fromages placées, ainsi chargées dans de petits baquets de 12 à 15 centimètres de hauteur

sur 40 à 45 centimètres de diamètre, et on procède ensuite immédiatement au moulage.

Pour cette opération, on se sert de préférence de moules en zinc, les moules en fer blanc adhèrent à la pâte. Ils ont 5 à 6 centimètres de haut sur 12 centimètres de diamètre, les côtés et le fond percés de trous. Le fond est muni de trois petits pieds. D'une main on prend le moule et de l'autre du caillé que l'on écrase et qui doit être assez fortement comprimé dans cette sorte de forme; on opère de même pour un autre et ainsi de suite.

Cette opération accomplie, on place les moules par deux, l'un sur l'autre, c'est-à-dire on double; la table sur laquelle ils sont ainsi placés est légèrement inclinée pour laisser s'écouler le sérum que l'on recueille dans un récipient. Tout cela doit être accompli aussi rapidement que possible pour éviter le refroidissement du caillé. Ensuite on procède sans désemparer au premier retournement des fromages en les dédoublant et en les alignant après les avoir recouverts d'un petit disque en bois, de la forme et du diamètre du moule, dans lequel il doit pénétrer librement.

On opère le tassement voulu en plaçant une brique ordinaire sur les disques de deux moules à la fois, c'est-à-dire côte à côte.

Démoulage. — Environ une heure et demie après, on procède à un second retournement. Ordinairement 3 heures après ce travail, on enlève les briques et on peut commencer à démouler.

Salage. — Les fromages démoulés sont passés dans du sel très fin. Ce sel doit recouvrir toute la surface des fromages; puis on les transporte posés sur une planche par quatre au plus, l'un sur l'autre, dans un local chauffé à une température comprise entre 25° et 28°.

Ils sont placés un à un à côté sur des étagères mobiles à ce destinées, dans le but de permettre au sel de produire son effet et à l'égouttement de s'achever.

Égouttage et lavage. — Douze heures après on retourne sur place les fromages; on ne les retouchera plus avant quinze ou dix-huit heures.

Ils sont alors suffisamment égouttés. On les lave dans de l'eau pure amenée à une température de 70 à 75°, afin de les bien nettoyer; on les accole de champ, sur une table. On pourrait, si les dispositions le permettent, les mettre à plat sur des planches à jour; on ne courrait pas le risque de les déformer comme cela arrive lorsqu'on les laisse de champ plus de 15 à 20 minutes.

Affinage. — Les fromages ainsi travaillés sont transportés au magasin pour y subir la première maturité. Ils atteignent bientôt l'état sous lequel on les désigne sous le nom de fromages demi-blancs.

Dès le lendemain de l'entrée des fromages au magasin, on passe la main sur chacun d'eux, pour enlever ou arrêter toute moisissure; on les retourne ensuite séparément pour les mettre sur une autre planche libre à cet effet, au-dessus ou au-dessous de la précédente.

Les planches débarrassées des produits doivent être soigneusement lavées et séchées avant de resservir.

L'air ne doit entrer dans le magasin que par des soupiraux à double entrée, de façon à arrêter la lumière.

La température de ce magasin est maintenue entre 11 et 13 degrés pendant les grands froids. Les fromages doivent être frottés chaque jour et retournés au moins tous les deux jours, et lorsqu'ils deviennent un peu secs, on les frotte avec la main mouillée d'eau salée.

Les fromageries qui possèdent une cave d'affinage ou de perfection accélèrent la maturité des fromages qui

du magasin passent à la cave après un séjour d'environ une semaine en été, de deux en hiver.

Ici les planches sont garnies de paille très sèche. On la renouvelle dès qu'elle est devenue humide. Les soins à apporter à la marchandise sont les mêmes que précédemment.

La température intérieure est maintenue entre 10° et 12°.

L'affinage terminé, on procède à l'emballage puis à l'expédition.

Emballage. — Les fromages sont placés dans des caisses à deux compartiments dans le sens de la longueur; chacun d'eux contient de 50 à 52 fromages placés de champ.

Au retour, les caisses doivent être lavées et séchées avant d'être utilisées de nouveau.

Un mont-d'or de bonne moyenne pèse 250 grammes et exige en hiver 2 litres 20 centilitres de lait, en été un peu plus, et se vend au détail de 0 fr. 35 à 0 fr. 40 l'un.

Le compte de la fabrication a pour base le prix du lait, qui varie selon les localités; sa qualité, sa distance de la fromagerie, qui, suivant les circonstances, prend ou non le transport à sa charge. Viennent ensuite la main-d'œuvre et les frais généraux communs à l'exploitation. Finalement on estime que le cent de mont-d'or mis en caisse revient de 25 à 27 francs.

Beurre de maigre. — Le fabricant bénéficie en plus du beurre recueilli sur le maigre que nous avons dit être dirigé dans des auges spéciales en bois garnies intérieurement de cuivre étamé : le zinc ou le fer supportent moins l'action corrosive du *maigre*.

Ce dernier abandonne la crème qui a échappé au caillement après un repos de deux à trois jours dans des vases appropriés. Il serait évidemment bien préférable

de le passer au centrifuge; il est ensuite, une fois écrémé dirigé vers la porcherie, partie accessoire et complémentaire de toute fromagerie.

Engraissement des porcs. — Avec un travail quotidien d'environ 3,000 litres de lait, on peut entretenir une population de 130 à 140 porcs à l'engrais.

Les porcs livrés à l'engraissement au *petit lait* de fromagerie sont pris après le sevrage. L'engraissement peut durer de 140 à 150 jours au plus. Leur régime se compose uniquement de *maigre* et de farine d'orge ou de maïs. (Quelquefois on concasse le maïs et on le fait cuire). On administre jusqu'à 30 litres de petit-lait par tête.

Maladies du mont-d'or. — Les maladies qui atteignent le mont-d'or sont connues des fabricants sous les noms de *ferment, noir*, *gacheux.*

Le *ferment* est caractérisé par le gonflement des fromages dont l'intérieur devient spongieux. Les pains exhalent une odeur âcre, restent sans apparence et sont peu propres à la consommation. Le *ferment* est surtout une maladie d'été; on recommande pour pallier à ce défaut des fromages, d'augmenter la dose de sel, de faire attention à la qualité du lait et à la propreté des vases.

Le *noir* sur les fromages conservés. — Dans des magasins ou des caves froides on voit apparaître des plaques d'abord grises, devenant noires ensuite; ces taches grandissent et couvrent la surface du fromage, sans pour cela toujours pénétrer à l'intérieur.

Enfin le *gacheux* est dû à un refroidissement pendant l'égouttage dans l'étuvoir ou aussi par une salaison trop faible.

En maintenant la température du local où a lieu l'égouttage des fromages salés entre 25° et 28°, on peut éviter cette maladie. Les fromages atteints sont *gras* sur leur

surface, l'odeur en est nauséabonde; ils sont peu propres à la consommation. On pourrait néanmoins leur rendre un peu de leur valeur en les grattant soigneusement, en faisant passer un fort courant d'air dans le magasin où ils se trouvent; puis en les lavant avec de l'eau tiède fortement salée; on leur redonnerait ensuite les mêmes soins qu'en temps ordinaire.

Les considérations que nous avons données sur les microbes expliquent en partie ces divers accidents.

CHAPITRE V

FROMAGES DURS. — FROMAGES CUITS

Fromage de Hollande (1). — Ce fromage peut être considéré comme le type des fromages durs pressés sans cuisson.

Très répandu et très apprécié dans la Hollande et les pays de la Baltique, ce produit est fabriqué de plusieurs façons différentes et il en existe aujourd'hui de nombreuses variétés; sa fabrication s'est aussi répandue en France où nous devons avouer cependant que la qualité moyenne de la marchandise est restée au-dessous du véritable fromage hollandais. Les produits français ont été, trop souvent hélas! préparés avec du lait maigre ou avec du lait écrémé remonté en matière grasse par une émulsion d'huile d'arachide ou de coton avec de l'oléomargarine ou du saindoux.

Cette marchandise ainsi présentée est d'un goût assez fade et peu flatteur; la défaveur qui s'y est attachée a rejailli sur les marchandises de bonne qualité, et le Hollande atteint rarement à l'heure actuelle les prix élevés d'autrefois; depuis une quinzaine d'années environ, la depréciation est peut-être d'une vingtaine de

(1) *Handboek von den kaas maker.*

francs au minimum par 100 kilos. Malgré cela, la fabrication peut encore être avantageuse, car ces produits, fabriqués ordinairement avec le lait peu riche en matière grasse des vaches hollandaises, peut être chez nous préparé avec des laits partiellement écrémés, tout en donnant encore une marchandise acceptable, tandis que le lait complètement dépouillé de matière grasse ne fournit cependant pas grand chose de bon et laisse peu de bénéfices relativement au travail accompli.

Nous possédons sur ce fromage de très consciencieuses études et de précieux documents dus au Dr Hollman. Les renseignements que nous allons donner sont en partie puisés dans son intéressant traité, parties résultent de notes prises par nous dans un voyage fait dans la Hollande et l'Allemagne du Nord.

En Hollande, on écrème partiellement le lait destiné à cette fabrication, on applique la méthode Swarz, ou bien on conserve en tous cas les bidons de lait dans une eau courante et fraîche.

Le lait placé dans de grands vases à bain-marie, ou à double fond, est réchauffé par le secours de la vapeur jusqu'à la température de 28° à 30° c.; on chauffe toujours un peu plus en hiver.

Dans les laiteries qui ne possèdent pas de chaudière à vapeur, on mélange une certaine quantité de lait chauffé à 75° environ avec le lait froid, on calcule les proportions de manière à obtenir 28° environ. Ordinairement, dans les petites fabriques qui ne disposent que de moyens insuffisants de chauffage et dont les cuves de dimension petite se refroidissent vite, on monte un peu plus la température et les thermomètres de laiterie que vendent les opticiens hollandais portent la marque Kaas (fromage) à la température de 31° ou 32°.

Lorsque le lait est arrivé à ce degré de chaleur, on

ajoute assez de présure pour que la coagulation se fasse en 15 à 20 minutes; pendant ce temps le lait doit être maintenu au repos et préservé de tout refroidissement. Quand la coagulation est complète, on commence à rompre le caillé au moyen de la lyre américaine dont les

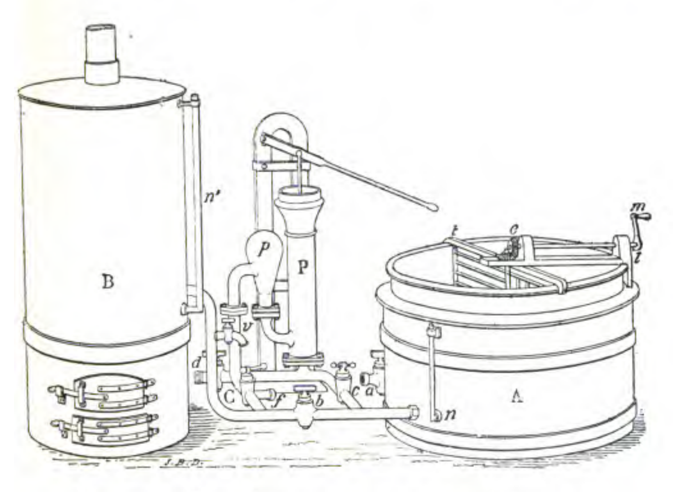


Fig. 109. — Chaudière pour le hollande avec appareil Douillard pour rompre le caillé.

fils ne doivent pas être distants de plus de 7 à 8 millimètres. Le découpage est méthodiquement conduit suivant 5 ou 6 directions différentes, c'est-à-dire en tournant à chaque reprise d'un angle de 30° à 45°, puis on recoupe horizontalement tous les prismes obtenus pour débiter finalement tout le caillé en un grand nombre de très petits cubes. Cela fait, on réchauffe la masse à 36°, soit en retirant du wei qu'on fait chauffer et qu'on rajoute dans la cuve, soit dans les grandes laiteries en admet-

tant la vapeur dans le double fond vide ou à bain-marie. Si la température est trop élevée, le fromage peut être trop dur ; si elle est trop basse, le pain mûrit mal et la conservation est difficile.

Quand le caillé est bien séparé, on peut soutirer le wei par exemple au moyen d'un siphon ; les grandes cuves sont munies à leur partie supérieure d'une ouverture recouverte d'une crépine ou bien d'un tuyau qui est mobile autour d'un axe horizontal placé près du bas : en inclinant plus ou moins ce tuyau sur l'horizon, on décante le liquide tout en respectant la caséine qui s'est précipitée. Si le caillé a été bien séché, il se présente sous la forme de petits morceaux bien blancs et nettement séparés les uns des autres : on aide du reste quelquefois à cette dessiccation en mettant sur le tas de caséine une planche chargée de pierres et en inclinant la cuve pour faciliter l'écoulement du liquide. L'ouvrier réunit et pétrit ensuite tout son caillé, il brise les grumeaux et agglomère la masse qui est ensuite passée au moulin que nous avons décrit.

Il importe, dans toute cette opération, de conserver à peu près toujours le même degré de température. Si l'on ne dispose pas de cuves à bain-marie, on doit conduire assez vite toutes ces opérations diverses pour empêcher le caillé de se refroidir par trop.

Le fromager prend alors une certaine quantité de pâte qu'il pétrit et façonne entre ses mains, il parvient à rendre la masse homogène et onctueuse et la projette alors en la pressant dans des moules demi sphériques en bois. On a essayé récemment l'emploi de machines à mouler mécaniquement. Dans quelques fromageries, on ajoute du sel à la pâte au moment du pétrissage.

Quand la forme est plus que pleine, l'ouvrier façonne en forme arrondie l'extérieur du fromage, il presse dou-

cement la pâte en la comprimant et laisse reposer la boule ainsi formée après l'avoir coiffée de son couvercle qui est lui-même creusé en forme hémisphérique.

La pâte prend peu à peu de la consistance et de la fermeté; lorsqu'elle peut être manipulée sans crainte d'être rompue, l'ouvrier prend la boule de caséum et la plonge dans un bain de wei porté à 52° ou 55°. Cette opération se fait très bien dans les fromageries où l'on

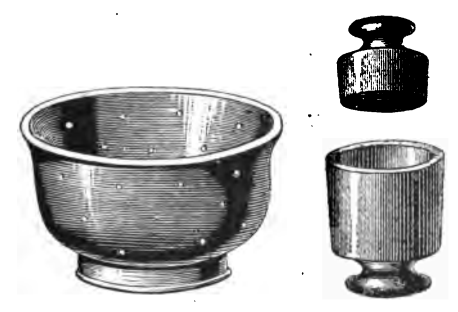


FIG. 110. — MOULES A FROMAGES.

dispose de deux cuves à bain-marie. Dans la seconde, on fait écouler le wei de la première et on le réchauffe au degré voulu.

Cette cuisson qui ne dure qu'une ou deux minutes a pour but de rendre plastique la surface de la sphère pâteuse; la caséine devient à cette température aussi maniable que l'argile et elle rend la surface du fromage presque imperméable à l'air. On refait alors la boule qui a pu se déformer dans les manipulations, on la roule dans son moule et finalement on l'enveloppe d'une toile fine et on applique le couvercle creux; le tout est porté sous une presse à levier donnant une pression constante dont la valeur en kilogrammes est en-

viron le double du poids du fromage. On le laisse dans cette forme pendant huit à douze heures, plus longtemps s'il a été moins pressé dans la cuve. Dans les deux ou trois dernières heures, on peut augmenter la pression et la porter à quatre fois le poids du pain travaillé. Il est bon de le retourner de temps en temps, surtout dans les dernières heures ; on profite de cette manipulation pour refaire la toile, la mieux replier et on évite ainsi les formes défectueuses qui pourraient plus tard être l'origine de fermentations inégales dans la masse.

A la sortie de la presse les fromages sont passés dans une saumure à 15° Baumé dans laquelle ils séjournent environ deux heures. Ils flottent sur ce bain salé, on les retourne de temps en temps ou bien on les maintient immergés à l'aide de planches chargées. Ensuite on les passe dans un deuxième bain à 20° Baumé et on les lave encore de temps en temps avec ce bain salé, puis enfin à l'eau pure. Cette opération a pour but de durcir la croûte. On peut arriver au même résultat en plaçant les fromages dans des moules ouverts dont l'intérieur a été frotté de sel et en les y retournant de temps à autre. Dans certaines localités, on immerge les fromages dans de l'eau de chaux. Cet alcali forme avec la caséine une combinaison imperméable et résistante, la croûte est nette et compacte, mais cette pratique n'est pas positivement à recommander à cause des propriétés un peu toxiques ou du goût amer et désagréable des sels de chaux. Enfin quand, au bout de quelques jours, le pain a acquis suffisamment de consistance, on le retire des moules et les boules sont prêtes à être transportées sur des étagères de fromagerie.

Nous n'entrerons pas dans les détails des variétés nombreuses de manipulations de cette première phase de la fabrication : dans presque toutes les fromageries,

on emploie des moules de bois, pleins ou percés de trous ; on vient d'introduire dans le commerce des moules en porcelaine qui évidemment sont plus commodes à entretenir propres. Le poids des pains varie beaucoup : les fromages sphériques pèsent de deux à deux kilog. et demi, les gros fromages atteignent de dix à douze kilogrammes ; dans les fromages ronds, on a l'habitude de colorer la pâte en rouge ; dans les gros pains, la pâte reste blanche ainsi que la croûte qui est à peine teintée, tandis que les boules sont fortement colorées en rouge à l'aide d'un mélange de tournesol avec le quinzième de son poids de colcotar, le tout délayé dans l'eau ou dans l'huile.

Cette opération ne se fait du reste qu'au moment de l'expédition, mais le temps de maturation est essentiellement variable : la description que nous avons donnée suffit à faire comprendre que la fermentation sera lente dans ces pâtes et qu'elle sera due entièrement à des anaérobies vivant à l'abri de l'air sous cette croûte imperméable.

Quelquefois on peut consommer les fromages au bout de deux mois de cave, mais presque toujours ils sont plus appréciés au bout de six mois, d'un an ou deux ans même ; la maturation dépend beaucoup de la température du local et des soins donnés. On surveille les fromages, on les retourne d'abord fréquemment, puis à intervalles de plus en plus éloignés ; de temps en temps, on les lave à l'eau tiède ou bien on les sale suivant les besoins. La surveillance a pour but de favoriser l'apparition d'une légère couche de mycelium de mucédinées, mais de s'opposer au développement des microbes aérobies qui dans les caves trop humides surtout viennent former une couche glaireuse sur la surface sphérique.

Le rendement en fromage de Hollande est de un dixième à un onzième du volume du lait ; en supposant

un prix de 180 à 200 francs, cette fabrication est rémunératrice; les bons hollandes atteignent ces prix, mais les fromages trop maigres ou défectueux sont écoulés à des taux désastreux pour le producteur.

La fabrication telle que nous l'avons décrite peut être considérée comme le type d'un assez grand nombre de fabrications de produits analogues.

C'est ainsi qu'en Hollande même, on prépare des fromages plus ou moins pesants et plus ou moins gras ; les formes varient elles-mêmes sensiblement. Les vrais types Hollande sont sphériques, la pâte est rougeâtre, la croûte colorée en rouge, en jaune ou quelquefois même de différentes couleurs sur le même pain; les *gouda* pèsent de 5 à 20 et 40 kilos. Ce sont des sphères dont on aurait enlevé deux calottes sphériques parallèles. En Hollande, on assaisonne quelques fromages très maigres avec des épices ou du cumin; certaines de ces fabrications sont primitives et malpropres, il est certain qu'on devra tendre à renoncer à l'habitude choquante que l'on a dans la Hollande méridionale de travailler le caillé avec les pieds nus.

En général, ces fromages de Hollande ont une pâte cireuse et un goût de cire, ils fondent peu dans la bouche; leur saveur est peu marquée, sauf dans les fromages très vieillis ; mais alors dans ces derniers on perçoit nettement le goût savonneux qui correspond à un commencement de saponification des acides gras, quoique le fromage soit devenu piquant et fort.

Les préparations de ces types divers sont toutes aussi simples et aussi faciles que celle que nous avons décrites : les accidents de fabrication sont assez rares si l'on suit exactement la marche indiquée. Mais si le caillé est insuffisamment sec ou pressé, si l'on a opéré à des températures trop basses, les fermentations putrides deviennent trop

actives, les fromages coulent ou se fendent à l'intérieur. Il peut arriver également que la croûte se fendille si le caillé n'a pas été assez réchauffé après le découpage, si le lait était trop acide ou de mauvaise qualité; dans ce cas, les moisissures peuvent apparaître et prolonger leur mycelium jusque dans l'intérieur de la pâte.

Bien fabriqués, ces fromages façon Hollande se conservent très longtemps, leur croûte résistante les met à l'abri des attaques des insectes et cette fabrication constitue pour la Hollande, la Prusse, le Danemark et quelques départements français à l'heure actuelle un important article d'exportation.

Les Hollandes supportent sans détérioration de longs voyages et on en expédie jusqu'en Chine et en Australie.

Cantal (Fromage du). — Ce fromage est principalement fabriqué dans les montagnes de l'Auvergne et de l'Aubrac (Lozère et Aveyron). Il s'en vend annuellement 6.000.000 de kilogrammes environ qui sont consommés, en grande partie, par les départements voisins, surtout par les pays de la Méditerranée.

La pâte de ce fromage est de couleur jaunâtre et a une saveur à la fois fade et légèrement piquante; le goût devient très fort par le vieillissement.

Quoique fabriqué avec un lait des plus riches et des plus savoureux qu'il soit possible de rencontrer, ce produit est peu estimé à cause de son manque de délicatesse; il est presque exclusivement consommé par les classes pauvres, supporte difficilement l'exportation et n'obtient jamais que des prix sensiblement inférieurs à ceux du gruyère, du hollande, du roquefort, et, en général, des autres fromages à pâte dure.

Cette infériorité est le double résultat du manque de soins apportés à la traite ainsi qu'à la conservation du lait et d'une méthode de fabrication défectueuse.

Ces fromages se fabriquent dans des chalets appelés *burons* qui se composent d'une cave réservée presque uniquement au dépôt des fromages, d'un rez-de-chaussée muni d'un cheminée dans lequel sont installés les ustensiles nécessaires à la fabrication et d'un grenier qui sert de logement aux serviteurs.

Les vaches sont traites au pâturage et le lait, recueilli dans de grands seaux en bois nommés *férats*, est transvasé dans des *gerles* pour être porté au buron, où il est sommairement filtré, puis mis en présure à une température variant de 32 à 34 degrés suivant la saison.

Au bout d'une heure environ, le petit-lait commence à perler et le caillé ayant pris une consistance convenable, on procède au rompage au moyen d'un instrument appelé *frénial* ou *ménole*, qui n'est autre chose qu'une planche de bois emmanchée au bout d'un bâton et dont la forme se rapproche beaucoup de celle d'un gouvernail de navire.

Le petit-lait se sépare peu à peu du coagulum qui forme bientôt une masse homogène au fond du récipient et on l'enlève avec une longue cuillère, le *poucet* (épuisette).

On met ensuite le caillé dans un grand vase en bois, appelé *faisselle*, percé de trous à la partie inférieure; le fromager presse alors fortement avec les bras et les genoux; ainsi malaxée et comprimée pendant une demi-heure environ, la masse est recouverte d'un linge et constitue la tomme ou tome.

La tome est alors enveloppée d'un linge, placée sous une planche chargée d'un poids léger, et abandonnée à elle-même.

Après deux ou trois jours de fermentation, on fabrique une pièce compacte avec la quantité de tomes nécessaires, on sale convenablement et on met dans un grand moule rond dont la hauteur égale à peu près le diamètre.

Quand il est rempli de tome salée et bien divisée, on met sur la pâte une grosse toile et on laisse la pression s'exercer.

Le fromage s'affaisse graduellement; on le retourne plusieurs fois : une première fois, au bout de vingt-quatre heures; on presse de nouveau et on renouvelle ces changements suivis de pressions à différentes reprises.

Après qu'on l'a retiré du moule, le fromage est transporté dans une cave où il doit mûrir lentement; il faut que la cave soit fraîche et bien aérée; il y a cependant lieu d'éviter un excès de ventilation qui provoquerait des gerçures.

Pendant leur séjour dans la cave, les fromages demandent beaucoup de soins; il faut les retourner souvent en les frottant, chaque fois, avec un linge imbibé d'eau fraîche. Au moment des grandes chaleurs, on sale assez fortement l'eau qui sert au lavage pour prévenir la multiplication des mites.

Il convient d'enlever la première croûte qui se forme pendant la maturation; ensuite on râcle les moisissures au fur et à mesure qu'elles se développent, et, quand la croûte prend une couleur orangée, le fromage est suffisamment affiné pour être livré à la consommation.

En résumé, cette fabrication est assez simple en elle-même, mais elle est défectueuse en beaucoup de points et il serait facile de l'améliorer.

Avec des soins de propreté complètement inconnus des paysans de l'Auvergne, on obtiendrait des produits de conservation meilleure et qui se vendraient sur le marché à des prix beaucoup plus rémunérateurs.

Il conviendrait aussi d'apporter quelques modifications dans la manipulation du lait et dans le mode de traitement des fromages pendant les diverses phases de la fabrication.

Il serait bon de réchauffer le lait à son arrivée au buron et employer plus de présure, de façon à obtenir la coagulation complète en quinze à vingt minutes au lieu d'une heure. Le fromage y gagnerait probablement beaucoup en qualité.

Il serait également préférable d'employer des agents mécaniques pour le pétrissage et le broyage du caillé.

Le malaxage au moyen des bras et des genoux, tel qu'il se pratique ordinairement, est une opération repoussante qui doit être abandonnée.

De plus, en soumettant les fromages à une pression plus énergique et en les mettant dans des caves saines, on obtiendrait un produit beaucoup meilleur.

La presse Prax dont nous avons donné la description nous paraît tout à fait à recommander. C'est un appareil d'un prix modique et par son emploi, les fromages fabriqués plus proprement seraient d'une conservation plus facile et d'une contexture beaucoup plus régulière. L'usage de cette presse commence à se répandre en Auvergne.

La fabrication du Cantal méritait les études de M. Duclaux qui a décrit avec soin toutes les phases de la maturation de ce produit; elle est certainement curieuse a plus d'un titre et due entièrement aux anaérobies. Dans des montagnes où le combustible est rare, où la fabrication du gruyère est impossible, on est parvenu à fabriquer sans feu, un fromage sec et de longue conservation; ce résultat est intéressant. D'autre part, le cantal préparé avec plus de soins et de propreté atteindrait sans nul doute des prix plus élevés et plus rémunérateurs que ceux auxquels on le vend à l'heure actuelle. C'est en général un assez mauvais produit, irrégulier et défectueux; ce pourrait être un excellent fromage digne de figurer dans les desserts de nos tables.

Chester (fromage de). — Le fromage de Chester est plus spécialement fabriqué en Angleterre dans le Cheshire et quelques parties du Schropshire. Cependant, aujourd'hui, il s'en fabrique un peu partout, en Hollande, en Suède, etc.

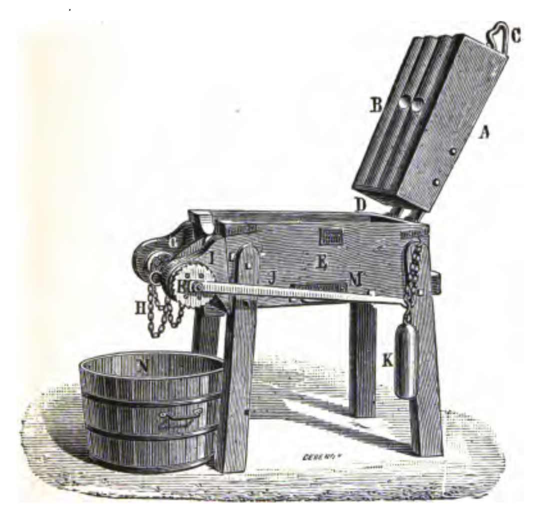


FIG. 111. — PRESSE PRAX POUR LA FABRICATION DU FROMAGE DU CANTAL.

L'Amérique, principalement, en produit, en consomme et en exporte de notables quantités.

C'est un fromage à pâte ferme, obtenu avec du lait de vache: il est couleur saumon clair, un peu cassant, mais doux et moelleux. Son poids varie de dix à cinquante kilogrammes.

Pour le fabriquer, on mélange le lait de la traite du matin à celui de la traite de la veille au soir et on commence par élever la température du mélange à 28 et

30 degrés, puis on ajoute un colorant, rocou, safran ou souci et la présure. Alors on agite la masse pendant quinze à vingt minutes et on recouvre la cuve qui la contient pour laisser reposer pendant cinquante à cinquante-cinq minutes.

Ensuite on divise le caillé et on commence à le remuer doucement pour le réduire en parcelles très fines. Lorsqu'il a acquis assez de consistance, par suite de l'écoulement du petit-lait, on l'enveloppe dans un linge et on le soumet à une légère pression. Puis on rompt de nouveau la masse et on pétrit avec les mains. Après avoir ajouté le sel nécessaire (8 onces environ pour 20 livres), on enveloppe encore le caillé dans un linge et on presse plus fortement; on coupe de nouveau, on retourne et on coupe encore deux ou trois fois, et on met le fromage dans un moule cylindrique percé de trous, et on augmente la pression jusqu'à complet écoulement du petit-lait. Pour que la séparation se fasse plus facilement, on pique le fromage, de part en part, avec de petites tiges métalliques.

Quand le fromage a acquis une consistance convenable, on procède à une seconde salaison en le trempant dans une saumure et en le frottant ensuite avec du sel sur toute sa surface.

La croûte se raffermit et on plonge un instant les pains entiers dans du petit-lait chaud; on les essuie avec soin et on les transporte dans une cave fraîche où ils sont retournés, essuyés et frottés avec du beurre à des intervalles de plus en plus éloignés. La température de la cave doit être de quinze degrés environ.

La maturation du Chester est très longue; elle se prolonge de six mois à deux ans suivant la dimension des pièces.

Bien fabriqué, ce fromage est excellent et très recher-

ché des amateurs. On préfère généralement celui dont la pâte, suffisamment grasse, offre intérieurement dans le voisinage de la croûte de petites moisissures tirant sur le vert.

Fromage de Gruyère (1). Ce fromage peut être considéré non seulement comme le type des fromages cuits au point de vue de la fabrication, mais encore en somme comme un des meilleurs fromages qui existent. Cette réputation, résultat du goût général du public, est si bien établie, que cet excellent fromage est de plus en plus connu et recherché, et si les prix ne montent pas autant que sembleraient l'indiquer les demandes, c'est que la fabrication laisse, hélas, trop souvent à désirer. L'appât du gain conduit les fermiers ou les fromagers à écrémer de plus en plus, et les fromages maigres résultant de cette préparation n'ont plus ce goût onctueux, ce moelleux fondant des produits de bonne qualité.

Au point de vue théorique, la fabrication mérite une étude toute spéciale.

Nous avons vu que dans les circonstances ordinaires, dans la préparation des fromages mous ou affinés, le caillé entraîne dans sa précipitation la majeure partie de la matière grasse du lait, mais si l'on chauffe à 40° degrés environ, la matière grasse qui est fluide se sépare en partie du caillé insoluble et peut être ensuite recueillie à part.

Il arrive donc ce fait que le caillé s'écrème de lui-même et qu'il semble qu'on puisse alors le préparer avec du lait maigre; il n'en est rien.

La matière grasse contenue dans le lait complet a joué un rôle pendant la fabrication; disparue seulement

(1) Consulter les documents et travaux de Fluckiger, Rigaux, Schatzmann et de Klenze.

et partiellement après la précipitation, elle laisse un caillé plus doux et plus poreux, plus apte à subir les transformations des lentes fermentations de la cave alors que le fromage trop maigre ne reste jamais que sec et compact.

Il est évident qu'il existe plusieurs intermédiaires entre ces deux extrêmes : en Suisse dans les environs de Berne, dans l'Emmenthal, on fabrique des fromages avec du lait complet, c'est-à-dire que si l'on opère sur deux traites du matin et du soir, on ne manque pas de rajouter la crème qui a été prélevée sur le lait du soir.

En France, en Bavière et dans quelques localités de la Suisse, on préfère ne fabriquer que des demi-gras et la crême du soir est alors utilisée pour la préparation du beurre.

L'écrémage peut se faire par les centrifuges, et dans ce cas, le fabricant reste maître de la quantité de matière grasse à extraire. Il ne nous paraît pas qu'en général, on ait avantage à écrémer beaucoup; ici comme dans la grande majorité des cas, l'on gagne plus à livrer des produits excellents qu'en essayant de tirer deux moutures du même sac.

Mais en somme, à peu de détails près que nous indiquerons au fur et à mesure, la fabrication est la même, que l'on opère sur un lait complet ou sur un lait écrémé, les habitudes des localités font seulement différer les quantités mises en expérience.

La fabrication de ces fromages est originaire de la Suisse, elle s'est depuis répandue en Bavière et dans nos provinces de l'Est, puis on l'a introduite en Angleterre et surtout en Amérique, mais dans toutes ces localités avec des succès très différents.

Bien à sa place et prospère en France, dans le Jura et dans le Doubs qui travaillent déjà des laits écrémés,

elle a beaucoup moins réussi dans nos départements de l'Ouest et du Centre où l'on a à plusieurs reprises tenté de l'introduire.

Cet insuccès ne peut être attribué à la fabrication en elle-même; les personnes qui avaient eu l'idée de monter ces fromageries n'avaient pas manqué de se procurer, en Suisse même, les appareils nécessaires, et de faire venir des fromagers suisses bien exercés.

Nous retrouvons dans ce fait une nouvelle observation à ajouter à tant d'autres du même genre relativement à la possibilité des fabrications à établir.

Les analyses de lait ne sont malheureusement pas encore assez nombreuses ni assez certaines à l'heure actuelle pour qu'il soit possible de différencier les laits des différentes races dans les différentes localités, mais il est certain que les compositions ne sont pas les mêmes; il est parfaitement constaté que l'on ne peut réussir le camembert, le brie que dans certaines contrées; il est probable que les laits sont de compositions assez variables et que l'on devrait tenir compte de leurs éléments constituants pour décider l'industrie laitière à établir.

Le gruyère, dont nous parlons, est un des plus curieux exemples de l'exactitude de ces remarques. Le lait suisse est assez pauvre en matière grasse et l'on compte dans les laiteries industrielles un rendement moyen de 3 % comme assez satisfaisant.

Notre lait français est beaucoup plus riche en général; déjà dans l'Est, la pratique a démontré que la fabrication pour être régulière et bonne exigeait un certain écrémage partiel, mais nos produits sont en moyenne inférieurs aux Emmenthals non écrémés.

Dans l'Ouest, la proportion de matière grasse contenue est presque double de la teneur suisse. Aurait-on mieux réussi en écrémant plus à fond, c'est à quoi la pratique

seule peut répondre; l'écrémage centrifuge qui permet un dosage rigoureux de la crème restante rendrait sans aucun doute de réels services dans cette fabrication et permettrait d'amener notre lait indigène à des teneurs en matière grasse se rapprochant de celle des laits suisses.

En Suisse même, les conditions particulières ont une influence marquée sur la qualité des produits; les fromages des laits de montagne sont meilleurs que ceux des laits de plaine, et la fabrication la plus estimée est celle de l'été, alors que les vaches libres au grand air, paissent dans les herbages savoureux des Alpes.

Fabrication. — *Préparation du caillé.* — Le gruyère est un fromage cuit, le caillé est préparé à une température relativement élevée et traité ensuite à chaud.

Dans les modestes chalets des montagnes, les appareils de chauffage sont des plus rudimentaires, une marmite de cuivre rouge est suspendue à une potence que l'on peut faire tourner; le feu est allumé dans la chambre même, par terre, et c'est au milieu de la fumée qui l'aveugle et vicie l'air que le fromager brasse son caillé, déviant la potence si la température s'élève trop, ramenant la chaudière au-dessus du feu pour chauffer le liquide.

Le chauffage ainsi pratiqué est d'autant plus irrégulier que jamais l'on ne se sert de thermomètres dans ces installations rustiques; le fromager évalue la température en plongeant la main dans le liquide ; on conçoit les irrégularités d'une pareille évaluation.

Préparation de la présure pour le gruyère. — Les fromagers ont toujours été réfractaires à l'emploi de la présure du commerce et nous avouons que nous ne comprenons pas leur obstination à refuser un produit bien régulier et de qualité excellente.

Il est possible que dans l'usage de la présure préparée

dans la fromagérie même, on incorpore au fromage des matières qui aideront soit à la formation du précipité, soit à la fermentation ultérieure; il est donc admissible de penser que la présure du commerce ne contient pas ces germes ou ces acides, et que dès lors, elle ne peut produire le même effet; mais qui empêcherait de les ajouter à la présure du commerce, qui empêcherait de préparer séance tenante la présure du gruyère en se servant du lait aigri habituel auquel on aurait ajouté la quantité nécessaire de présure danoise ?

Il nous semble qu'il résulterait de cette manière de procéder un avantage évident.

Le fromager fait sa présure avec des caillettes qu'il achète et qu'il conserve pour ses besoins; une caillette qui suffit par exemple pour un fromage peut être mal conservée ou de qualité mauvaise; elle peut seulement être plus ou moins énergique, et de son emploi résultera par la suite des fromages irréguliers, défectueux ou même invendables.

Les fabricants de présure sont mieux que les particuliers à même de faire les choix et de discerner les caillettes à rejeter; leurs produits fabriqués en grande quantité sont chez les bons producteurs extrêmement réguliers et sains, et les fromagers devraient s'habituer à se servir de ces liquides en considérant que tant de centimètres cubes de présure représentent une caillette moyenne; cette force s'estimerait par un ou plusieurs essais préalables et une fois pour toutes; 100^{cc} de telle marque, correspondant à une caillette, on doserait la présure en conséquence et on ferait varier les effets suivant les laits, les saisons, les nourritures bien plus facilement qu'en découpant avec des ciseaux des quantités plus ou moins grandes de caillettes qui, elles-mêmes sont inégales en force et en qualité.

Mais les habitudes sont là, et malgré les avis, malgré les exemples donnés dans les écoles de fromagerie, on se cantonne dans les vieux errements, avec l'idée que hors de ces vieux principes, il n'est pas de salut.

Nous voici donc conduits à décrire la préparation de la présure telle qu'elle s'effectue presque partout encore dans les fruitières ou dans les chalets.

La matière première est comme toujours la caillette de veau ; le fromager doit choisir sa matière première avec le plus grand soin, car des estomacs mauvais peuvent occasionner des fermentations défectueuses trop actives entr'autres et être la cause des soufflures que l'on observe dans les pains manqués.

Les caillettes ouvertes suivant leur longueur, sont d'abord nettoyées sans lavage, on les débarrasse des matières étrangères, puis on enlève les deux extrémités rétrécies qui contiennent peu de présure. On empile toutes ces peaux les unes sur les autres, on les roule et on les attache, puis ces paquets sont conservés pour l'usage dans un endroit qui ne doit pas être trop humide.

Comme véhicule liquide, on se sert du dernier lait de fromage, c'est-à-dire du dernier lait qui a fourni tous ses produits dans la fabrication.

Ce lait acquiert par le temps une acidité moins grande que le premier wei et la proportion d'acide convenable doit être strictement recherchée.

Ordinairement le wei s'acétifie de lui-même; il suffit pour cela de le conserver quelque temps au contact de l'air à une température de 20° à 23°. Si la transformation tardait à se produire, on la déterminerait ou on l'accélérerait par l'addition de lait aigri.

Il arrive parfois que ce liquide se trouble, il est bon de séparer le précipité qui nuirait à la beauté du fro-

mage; il est nécessaire de surveiller en général la marche de l'acidification; si elle va trop vite, on abaisse la température, car il ne faut pas que le liquide soit trop fort. Dans les fromageries modernes, on pratique cette opération dans des étuves chauffées artificiellement, ou seulement disposées à côté du fourneau; on éloigne ou on rapproche plus ou moins les vases à fermenter.

Bien préparé, le jus ne doit pas avoir un goût de vinaigre, mais plutôt laisser l'impression de la saveur d'une dissolution d'acide tartrique, il doit être limpide, un peu verdâtre, sans mauvaise odeur; c'est ce jus que l'on ajoute en proportions appréciées à la vue, au liquide encore presque neutre provenant d'une dernière opération et refroidi jusqu'à 30 environ.

Dans trois litres de ce mélange, on incorpore une caillette qui est découpée en morceaux, sans être toutefois trop émiettée, et ensuite une pincée de sel de cuisine.

On abandonne le tout dans le réduit chauffé à une température variant de 25° à 35°, et au bout d'un jour et demi en moyenne, la présure peut être employée.

Il paraît bon de sectionner cette opération et de laisser refroidir la présure pendant une dizaine d'heures avant l'emploi; il est par conséquent nécessaire dans une fromagerie d'établir un roulement de toutes ces opérations : dans l'armoire chaude sont les liquides à acidifier, dehors et à côté on place les liquides fermentant trop vite, ou les présures à refroidir à la température ambiante.

Une présure trop forte coagulant le lait trop vite, donne des fermentations prenant rapidement; le fromage a de gros yeux, mais la pâte et son goût sont de qualités un peu inférieures.

Si la présure est trop faible, le fromage reste mou et spongieux, les yeux se développent mal, l'aspect est vitreux, la pâte est cassante et sans cohésion.

Il est malheureux d'être obligé de constater que, malgré la grande importance de la fabrication de ces fromages cuits, on ne possède pas encore de données scientifiques bien assises, bien étudiées, sur ces *forces* et ces actions diverses de la présure ainsi préparée, sur la composition et les germes qu'elle contient sans aucun doute en quantités énormes.

Certains essais seraient cependant d'une exécution assez facile et il serait intéressant d'être fixé sur l'acidité convenable d'une bonne présure; les dosages seraient des plus simples d'exécution.

En attendant ces notions plus exactes, on est maintenant obligé de se contenter des épreuves approximatives exécutées par les fromagers.

Les essais des présures se font, séance tenante, au moment de la préparation des fromages.

L'ouvrier chef fait des mélanges de présures récentes ou vieilles, de macérations de caillettes fraîches ou anciennes et en procédant par tâtonnement, il cherche à composer un liquide, qui caille six fois son volume de lait en vingt ou trente secondes ; la température de l'opération n'est jamais mesurée exactement; à supposer que ce soit celle de la mise en caillement, on voit que si l'opération de la prise du caillé doit durer 3/4 d'heures ou 45 minutes, c'est-à-dire 135 fois moins vite que pour les 6 litres de lait, la force du mélange est de 800 environ.

On compte une caillette entière ou trois quarts de caillette neuve pour 1,000 à 1,200 litres de lait, mais l'acide ou l'aisy ajouté contenait déjà de la présure; en quelle quantité, c'est ce que l'on ignore, et c'est précisément à toutes ces inconnues, à tous ces aléas que l'on doit attribuer une grande partie des mécomptes que l'on rencontre, hélas! trop souvent dans cette intéressante industrie.

Mise en présure. — Les fromages de Gruyère sont

ordinairement préparés avec de grandes quantités de lait et dans l'Emmenthal on agit sur des moyennes de 1,000 à 1,200 litres à la fois.

Le mélange de ces grandes quantités doit être parfait, et la crème surtout doit être mélangée et caséifiée comme le reste.

On fabrique dans les fromageries de 1 à plusieurs fromages par jour; les aménagements les plus commodes sont de 1, 2, 4 ou 6 fromages.

Pour un seul, la manipulation se fait le matin de préférence; pour deux ou un nombre pair de fromages, on travaille matin et soir.

Dans certains cas, le lait séjourne dans la laiterie et la crème est recueillie à part; si par exemple la fabrication ne porte que sur un seul fromage, on écrème la traite du soir. Cette crème peut être retirée définitivement et alors on ne fait que des fromages demi-gras, ou bien on la fait rentrer dans le travail.

Pour la caséifier, on la fond à part, on la verse dans la chaudière et on porte sa température jusqu'à 40° ou 45°, ensuite on verse le lait du matin, et en dernier lieu le lait maigre du soir précédent; on chauffe aussitôt.

La température de mise en présure est en bonne moyenne de 35°; un peu moins haute en été quand le lait est déjà un peu aigri, on la force au contraire dans les jours plus froids, et on emprésure parfois à 37° ou 38°.

Le point convenable dépend aussi de l'aménagement de la fromagerie : dans les vieilles installations, avec les chaudières suspendues, le refroidissement est relativement rapide, on emprésure à un ou deux degrés de plus.

Les bassines emmuraillées actuelles conservent mieux la chaleur et offrent dans cette opération de précieux avantages sur l'ancien système. Le temps que doit prendre la coagulation est un peu variable et le fro-

mager doit le déterminer en forçant ou en diminuant la présure suivant les circonstances; il faut seulement se rappeler qu'un caillement prompt donne une fermentation plus rapide.

Le temps de la prise varie de 25 à 40 ou 45 minutes au maximum; avec les chaudières à potence, il est prudent de se défier du refroidissement qui peut retarder beaucoup la prise; dans ces circonstances on peut se trouver obligé de réchauffer le caillé, ce qui est toujours une manœuvre très dangereuse pour la qualité du produit.

La quantité de présure à employer représente deux à trois litres pour mille litres de lait devant être coagulés en 30 minutes; on étend ces trois litres d'un peu d'eau et on verse le tout méthodiquement dans la chaudière en agitant constamment; ensuite on abandonne toute la masse au repos le plus absolu en retirant le feu. La mise en présure est dès lors presque sans remède; il faut donc que l'opération ait été bien menée, les températures observées au thermomètre et notées, les mélanges avec l'eau froide et le lait intimement faits. L'addition d'eau n'est pas toujours à conseiller, quoiqu'on lui attribue la singulière vertu d'empêcher les fromages de devenir vitreux; il paraît seulement admissible de croire qu'elle peut contribuer à ralentir les fermentations.

Après 30 ou 40 minutes, le caillé est fait; un objet quelconque posé à sa surface y laisse une empreinte durable qui se remplit de wei; on commence à découper la masse soit avec des lyres, soit avec des outils dont les formes varient suivant les pays.

Il est assez important de saisir le moment précis de rompre le caillé, car les propriétés du caséum se modifient avec le temps : il est bon de retarder cette opération dans les temps froids ou lors de l'emploi de présures faibles, ou en résumé lorsque la coagulation a été lente :

il faut, dans ce cas, laisser le caillé se ressuyer lui-même.

On peut procéder plus vite au rompage, puisque le séchage est déjà commencé par la manipulation même lorsqu'on opère à des températures élevées, avec de fortes présures ou que l'on opère sur de grandes quantités de lait.

L'influence de la masse est facile à expliquer tout simplement par le temps plus ou moins long du travail de découpage.

Il est bon de veiller à cette division du caillé : après quelques minutes, on voit le liquide devenir jaune paille, il faut agiter alors doucement la masse pour égaliser les températures; on continue à rompre le coagulum et à le diviser jusqu'à ce qu'il ne soit plus qu'en morceaux de la grosseur d'un pois.

Pendant l'opération, le caillé se contracte de lui-même et les grains lorsqu'ils arrivent à la presse n'ont plus guère que la grosseur d'une forte tête d'épingle.

La manière de découper, le calibre du grain dépendent du reste des opérateurs et des conditions de la fabrication : les grains de faibles dimensions se sèchent plus vite, ils donnent moins de rendement, à la chaleur ils perdent plus de matière grasse, les fermentations sont moins rapides.

Ce sont ces petits grains que l'on cherche à obtenir pour les gros fromages dans lesquels la fermentation se développe plutôt toujours trop vite à cause de la masse.

En tout cas, les grains doivent être réguliers et l'on est conduit à adopter de préférence aujourd'hui le découpage à la lyre qui est aussi plus rapide et fait éviter, par cela même, les graves inconvénients résultant d'un refroidissement de la chaudière.

Il ne faut pas cependant que la rupture du caillé soit trop vive, il en résulterait une sorte de précipité analogue à du riz et les grains isolés ne se souderaient plus

les uns aux autres que par un chauffage énergique qui, de son côté, entrave fortement la fermentation et risque de donner un fromage mort.

Si, dans le travail, le wei séparé est trouble et laiteux, c'est que l'on a procédé trop vite au découpage, le rendement est faible; le caillé trop mou, trop tendre se détruit lui-même de nouveau par l'agitation.

Un caillé un peu lâche exige beaucoup de précautions dans le traitement, il faut le rompre lentement pour que les grains aient le temps de se sécher.

Au contraire, un caillé dur doit être divisé aussi rapidement que possible; si le découpage était lent, les grains flottant dans le liquide se contracteraient en s'enveloppant d'une couche caséeuse compacte et imperméable; dans ce cas la séparation du wei par la pression donnerait un liquide trouble provenant du suintement des grains hétérogènes.

Après ces opérations, on laisse les grains de caillé se déposer au fond de la chaudière, le liquide se sépare et cela d'autant plus vite que la prise a été plus rapide et les grains plus secs.

Après dix minutes environ, un peu plus, un peu moins, les grains naguère mous ont pris de la consistance; on les remue de nouveau, on les recoupe s'ils sont trop gros, on les manipule jusqu'à ce qu'une sorte de fermentation commence à se déclarer dans la masse et on examine le caillé.

Lorsque les grains se séparent quand on les presse dans la main, qu'ils n'adhèrent plus trop facilement les uns aux autres, quand ils se mettent en tas et que leur couleur blanchit, quand ils paraissent un peu compressibles et ne gonflent pas, lorsqu'ils ne produisent plus à la dégustation qu'une sensation onctueuse et non sèche comme à l'origine, il est temps de commencer à chauffer.

Un retard donnerait des fromages durs et secs, le fromage serait jaune, s'ouvrirait vite et ne deviendrait jamais délicat parce que la fermentation serait trop vive et trop acide.

En tout depuis le commencement du rompage du caillé, il faut compter 30 à 45 minutes. On laisse écouler moins de temps si le caillé est sec, si les jours sont chauds ou le lait un peu acide, car il faut éviter une nouvelle acidification trop prompte.

Le chauffage se fait en remettant sur le feu les chaudières à potence ou en roulant le foyer incandescent sous les chaudières montées sur murs. La température est poussée jusqu'à 54° à 60°, moins haute pour les faibles fromages : cette température élevée amène nécessairement la mort d'un assez grand nombre de germes de fermentation. Ce résultat facile à prévoir doit guider dans l'emploi de la chaleur.

Les gros grains, les fromages gras ont besoin d'être chauffés davantage.

Au point de vue des propriétés physiques, les grains changent dans ce chauffage, ils se dessèchent et leur matière caséeuse semble se modifier, ils finissent par craquer entre les dents ou se fendillent s'ils sont pressés entre les doigts, la masse mousse et devient verdâtre pendant que l'on continue à agiter sans interruption.

Cette phase du travail dure de 30 à 45 minutes, on doit la prolonger jusqu'à ce que les grains soient bien secs, c'est une opération qui dure plus longtemps si l'atmosphère est humide ou froide; dans ce cas, il est bon de chauffer un peu plus et d'agiter moins.

Le but final est d'éliminer une certaine quantité des matières azotées solubles qui, emprisonnées dans le caillé, donneraient des fromages spongieux ou caverneux.

Toutes ces opérations exigent une attention constante;

une chaleur trop faible laisse se poursuivre l'action de la présure et conduit à des fermentations exagérées; une température trop élevée entraîne la fusion de la matière grasse, celle-ci devient très liquide, elle se sépare du précipité et le fromage est de goût moins doux ou moins moelleux.

Après cette période de chauffe, on enlève le feu et l'on recommence l'agitation qui doit être continuée pendant 30 à 50 minutes, elle est d'autant moins longue que le fromage a été chauffé à une température plus élevée dans l'opération précédente.

Cette deuxième agitation de la masse a pour but de terminer la dessiccation du grain.

Le caillé, lorsqu'il est bien sec, s'écroule de lui-même lorsqu'on le place dans le creux de la main, il est un peu compressible, mais résiste à la rupture, il ne doit pas être trop dur, ni filant, il grince entre les dents.

Quand on a atteint cette nature de caillé, le wei est séparé nettement, clair et verdâtre; on refroidit la masse par une addition de ce wei qui a été séparé après le rompage ou bien en ajoutant de l'eau, mais avec précaution, car un refroidissement brusque donnerait un caillé trop sec et coriace.

Enfin, on agite de nouveau toute la masse, mais moins énergiquement que tout à l'heure; les grains de fromage se rassemblent et se précipitent au bas de la chaudière de telle sorte que le caillé peut être facilement recueilli; on comprend par cette dernière phase de la préparation toute l'importance de l'égalité des grains. S'ils n'étaient pas tous d'égale grosseur, la précipitation en opérerait une espèce de triage : les gros se déposeraient d'abord, puis viendraient des couches de grains plus fins recouverts en dernier lieu par une sorte de poussière de caillé; le fromage serait hétérogène et défectueux.

Extraction du caillé. — Cette opération demande une grande habileté de la part du fromager; cette récolte du caillé est difficile et pénible, car il faut plonger les bras dans un liquide dont la température est encore de 45° à 50° et supporter cette chaleur pendant plusieurs minutes.

L'ouvrier prend un large carré de toile et noue autour de son cou et solidement les deux sommets correspondant à un des côtés du rectangle, puis sur une longue lame d'acier il replie à plusieurs reprises le côté opposé de la toile autour de cette bande de métal.

Il a alors une cuvette, une poche, devant lui; la toile s'ouvre et se développe, il tient avec ses mains chacune des extrémités de la lame d'acier qui se recourbe et l'autre bout du triangle correspond à la tête de l'opérateur.

La toile étant ainsi solidement assujettie et maintenue, le fromager applique la lame d'acier contre les parois de la chaudière de cuivre, et cela de telle sorte que les deux courbes s'épousent bien mutuellement : la lame suit le contour de la courbure de la chaudière et son milieu est en face et à l'opposé de l'ouvrier : la toile s'étend donc sur la cuve, mais le coin correspondant à la tête du fromager est le plus relevé.

L'homme commence alors à enfoncer doucement la lame d'acier dans la chaudière, mais avec la précaution de toujours en suivre la courbure; il balaye, il racle tout ce qui se trouve contre les parois et finit, en ramenant toujours la lame vers lui, par passer au-dessous de toute la masse du caillé qui finalement repose sur la toile lorsque la lame d'acier a décrit la surface de la moitié de la sphère représentée par la bassine de cuivre.

A ce moment il retire la lame du liquide tout en conservant chacun des coins dans ses deux mains; il déplie alors lentement la toile, enlève la lame, qu'il met à part,

puis il dénoue la portion de linge qu'il avait au cou et finalement dispose à la surface les quatre coins de la toile qui sont libres, tandis que le caillé repose sur le fond de la chaudière dont il est séparé par la toile elle-même.

Le fromager noue solidement les coins en croix, il approche la potence qui sert de grue, accroche le linge replié sous les nœuds et par des tours de vis soulève enfin tout le caillé qu'il retire du liquide ou du wei.

Il laisse la masse s'égoutter quelques instants seulement, puis en tournant la grue potence, il transporte le caillé au-dessus de la table de la presse.

Cette table est ordinairement construite en madriers de bois dur et solidement unis; elle est montée sur quatre pieds de hauteurs inégales pour que la surface plane présente une inclinaison qui facilite l'écoulement du wei.

Pour mieux rassembler le liquide, on creuse légèrement tout le centre de la table, c'est-à-dire qu'il subsiste une petite surélévation sur le contour et au point le plus bas, on dispose une petite rigole par laquelle s'écoulent les eaux.

Le moule a été préparé d'avance; il est formé d'une ou plusieurs feuilles de hêtre de 15 cent. à 20 cent. environ de large et roulées en cercle.

Une des extrémités porte une ficelle attachée à un point fixe; l'autre extrémité de cette corde peut être placée dans différentes encoches ménagées sur la surface extérieure de la feuille de hêtre et vers son autre bout.

Il est facile de voir que par cette disposition on peut à volonté agrandir ou rétrécir le cercle intérieur selon le point où l'on attache l'extrémité libre de la ficelle; cet agencement si simple permet de suivre le caillé dans sa contraction soit spontanée, soit aidée par la pression, et de conserver au fromage une forme marchande, c'est-à-

dire une figure dans laquelle la hauteur soit dans un certain rapport avec le diamètre. Un fromage trop gros ou trop plat déplairait à l'acheteur.

Le caillé est déposé doucement dans le moule : on veille à ce que la toile ne forme pas de plis qui s'imprimeraient dans la pâte, on ouvre les coins, puis l'ouvrier va rechercher dans la chaudière, en procédant comme précédemment, les petits grains oubliés du caillé. Si sa première récolte a été bien faite, le résidu est de faible poids, mais il est presque inévitable; ce *recherchon,* composé de grains fins, fermente facilement, on le réincorpore à la masse du fromage , mais sans trop l'enfouir pour qu'en cas d'accident il ne compromette pas, dans sa maturation rapide qui le fait gonfler, toute la masse même de la pâte.

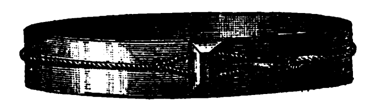




Fig. 113. — Moule pour le gruyère.

Cela fait, le fromager replie avec soin la toile sur le caillé placé dans le moule, il met à la surface un épais disque de bois et il applique la pression en donnant quelques tours de vis au volant d'une presse que nous avons décrite précédemment.

La première pression, assez modérée, est augmentée ensuite progressivement, elle peut être commencée à 15 kilos par kilogr. de pâte et on la porte vers la fin du pressage à 18 ou 20 kilogrammes.

On laisse d'abord le fromage une ou deux heures en pression, puis, après ce temps, on débraye la presse en tour-

nant la vis, on ouvre la toile mouillée, on en met une autre nouvelle et sèche sur la surface; on retourne le fromage qui est alors enfermé dans cette nouvelle toile neuve, on resserre un peu le moule et on redonne la pression.

Cette opération est recommencée à des intervalles de temps de plus en plus éloignés, de sorte qu'après trois ou quatre changements en 6, 8 ou 10 heures, le fromage est suffisamment débarrassé du liquide pour ne plus mouiller les toiles dont on l'enveloppe; la première pression est terminée.

On la fait suivre d'une deuxième pression semblable, mais dans le cours de laquelle le fromage n'est plus enveloppé; cette deuxième compression qui, fait écouler très peu de wei, a plutôt pour but de parer les surfaces du pain, de les rendre lisses et régulières, de leur donner le bel aspect brillant recherché dans la fabrication.

. Si le fromage a été réussi et la pression bien conduite, le wei écoulé est toujours clair et limpide; s'il était trouble, c'est que la présure aurait été trop acide.

Dans le fromage bien fait, la croûte est d'une jolie couleur jaunâtre avec de petits points blancs; le caillé est homogène, élastique, sans trous ni frisures.

Si le fromage a été trop séché, la couleur est plus jaune, la pâte colle à la toile. Un fromage insuffisamment chauffé ou séché se presse mal, sa pâte reste spongieuse, elle emprisonne du wei, on reconnaît ce défaut en auscultant le fromage avec un doigt que l'on fait détendre brusquement sur la surface du doigt voisin; le son résultant de ce petit choc renseigne très bien l'observateur exercé.

Travail à la cave. — Le reste de la fabrication n'est plus qu'une affaire de soins : les caves dans lesquelles s'effectue la maturation doivent se trouver dans des conditions déterminées d'humidité et de température.

Les caves creusées dans le sol sont généralement trop humides, les pièces au rez-de-chaussée sont exposées à de trop grandes variations de température. Cependant, dans l'état actuel de l'art des constructions, nous ne saurions trop conseiller de construire des caves au rez-de-chaussée, mais en leur donnant des murs très épais : murs de 60 cent. à 1 mètre.

On peut aussi choisir entre ces deux extrêmes et construire la cave à demi enterrée dans la terre ou le rocher, les soupiraux se trouvent alors au niveau du sol, la température est facilement maintenue au degré voulu sans que l'humidité soit trop forte.

Il va sans dire que si la température de la cave devait, à certaines époques de l'année, s'abaisser trop, il faudrait recourir au chauffage artificiel.

Presque en toutes circonstances, il est prudent de préparer ce chauffage soit au moyen de poêles, soit par des thermosiphons; ce sont surtout les fromages frais qui ont besoin d'une température un peu élevée pour *partir*. Les changements chimiques, la maturation, proviennent de microbes qui se développent dans la pâte, et ces organismes ont une vie beaucoup plus active aux températures un peu supérieures à celle de nos climats laitiers.

Pour les fromages frais, la température doit être comprise entre 15° et 17°5 ; elle peut être abaissée à 12° ou 15° pour les fromages demi-murs, et la maturation, se terminera entre 10° et 12°; les fromages insuffisamment secs ou maigres demandent un peu plus de chauffage.

On doit considérer que les températures élevées correspondent toujours à des fermentations plus rapides et les pains doivent sous ce rapport être attentivement surveillés. Si la maturation marche trop vite, on la ralentit en plongeant les meules pendant quelques instants dans

une saumure concentrée, puis en les reportant ensuite dans les parties froides de la cave.

En général, le sel ralentit la fermentation, celle-ci peut donc être conduite par des salages plus ou moins énergiques suivant les circonstances.

Un des facteurs importants de la maturation est l'eau ou l'humidité.

Si l'air est trop sec, les microbes végètent péniblement, le fromage se durcit et prend un désagréable goût de cuir.

En général un chauffage artificiel, en élevant la température, diminue l'état hygrométrique de l'air; il devient alors nécessaire d'ajouter une certaine quantité de vapeur d'eau à l'atmosphère, on doit placer des vases pleins d'eau sur les calorifères ou les tuyaux de conduite.

Un ou plusieurs hygromètres, des psychromètres de préférence, servent d'indicateurs et de guides.

Les fromages presque murs doivent être maintenus dans une atmosphère très chargée d'humidité : l'hygromètre doit marquer 90° à 95°, c'est-à-dire que l'air est presque saturé; pour les fromages demi-murs, le degré convenable est compris entre 85° et 90°, tandis que pour les premières périodes il est de 80° à 85°.

D'après des travaux récents, il paraît assez utile de fractionner la maturation.

Aussitôt après la fabrication, on fait subir aux fromages une sorte de séchage pendant lequel la fermentation ne part pas; c'est un peu ce que l'on fait dans la fabrication des fromages mous. Ici, dans le cas qui nous occupe, les pains sont conservés pendant huit à dix jours dans une cave fraîche et sèche, et ce n'est qu'après, qu'on les expose aux température et état hygrométrique les plus convenables pour faire varier ensuite progressivement ces deux facteurs au fur et à mesure que la maturation fait des progrès.

Il serait sans nul doute de la plus haute importance de connaître et de pouvoir cultiver les bacilles produisant cette maturation; jusqu'à présent cette étude n'est encore qu'ébauchée. On sait seulement, d'après les travaux de Frendeureich, que ces petits êtres se développent avec une rapidité prodigieuse et qu'on ne peut modérer leur énorme dissémination qu'en abaissant la température : à 8° ou 10°, la vie est considérablement ralentie ou même éteinte.

La disposition générale des caves se comprend sans peine maintenant : ce sont simplement de grands locaux munis de fortes étagères en bois : une pièce spéciale sert de haloir et une ou plusieurs chambres sont les caves de perfection.

Il est indispensable de toujours savoir où l'on en est dans le travail : c'est dans ce but qu'aussitôt après leur entrée dans la cave, les fromages reçoivent une marque spéciale, et la date du jour de la préparation est imprimée sur une ou même sur les deux faces du pain.

Lorsque les fromages ont été transportés dans la cave, on doit, pendant une semaine environ, les retourner tous les jours, les changer de face, de base, et les saler fortement sur la face supérieure et même sur les côtés; cette opération a pour but de les sécher sur la surface extérieure, et par conséquent d'y déterminer la formation de la croûte.

Le sel est ajouté sous forme de saumure contenant du sel en excès, ou simplement en nature; ce sel fond en attirant l'eau du pain et tombe en déliquescence le long des parois verticales.

Après quelques heures de libre contact, le fromager fait une seconde tournée et essuie avec un linge propre les traînées de liquide qui finiraient par produire des taches si on les laissait séjourner.

Après cette première phase du travail, on transporte les pains dans la cave de fermentation ; là on les nettoie en enlevant au couteau, si cela est nécessaire, un enduit gluant et pâteux qui recouvre toute la surface.

Puis les opérations se succèdent comme précédemment mais à de plus longs intervalles.

On ne sale plus autant, on ne retourne les pains que tous les deux ou trois jours ; et, grâce à la température plus élevée du local, la fermentation s'établit.

On doit surveiller les fromages, les soigner durant toute cette phase de la fabrication; on les essuie de temps en temps avec une brosse, on racle de temps à autre légèrement la croûte formée pour qu'un nouveau salage puisse dessécher plus avant la pâte; on nettoie les parois verticales avec de l'eau fraîche pour les maintenir toujours nettes et propres; pour les fromages déjà avancés, on se sert d'eau un peu salée.

Ces manipulations de grosses masses si pesantes ne peuvent être faites que par des fromagers très robustes et en même temps soigneux et attentifs.

Les Suisses, gens doux et laborieux, sains de corps et vigoureux par leur vie au grand air pur des Alpes, conviennent parfaitement pour ce travail : ordinairement un homme seul, fromager habile, suffit à toute la série des opérations que nous venons de décrire : le matin, il prépare un fromage et, l'après-midi, il s'acquitte des soins de sa cave.

La fabrication d'un bon ouvrier est réellement belle et appétissante; les fromages bien réussis présentent une pâte fine et élastique d'un jaune tendre; la saveur en est délicate et rappelle un peu le goût de noisette.

Dans la tranche, la pâte présente un trou en moyenne par deux ou trois centimètres carrés; le diamètre de ces trous, ou de ces yeux est d'un centimètre à peu près, et

la cavité doit apparaître brillante, lisse et légèrement humide.

Le bon fromage gras fond dans la bouche.

C'est un des meilleurs aliments que l'on puisse trouver, son odeur, à peine perceptible, ne choque pas comme celle de certains fromages mous affinés, la conservation de la pâte est très longue. La fabrication est donc en tous points extrêmement rationnelle et digne de l'attention des industriels laitiers.

Mais, comme nous l'avons dit en commençant, cette industrie des gruyères n'est pas possible partout; elle demande du temps et des capitaux assez considérables, car il faut compter plusieurs mois de soins de cave pour que les fromages soient convenablement murs et marchands.

Dans le commerce, les pains sont d'abord examinés au son et ensuite goûtés.

En frappant légèrement un fromage bien fait avec le doigt ou avec un petit maillet, on doit percevoir un son plein et franc; si le son est creux, c'est que le fromage est caverneux ou lainé, c'est-à-dire recoupé par un grand nombre de fentes ordinairement parallèles à la surface des bases.

Ce défaut poussé à l'excès est accusé du reste par la forme du fromage.

Une meule bien fabriquée doit présenter des côtés et des faces légèrement bombés, mais réguliers; les fromages caverneux sont plus ou moins gonflés en certains points.

Les examens à la sonde doivent être peu répétés parce que les trous pratiqués dans la masse livrent passage à l'air qui peut ensuite amener des modifications dans le fromage.

La pâte d'un pain de bonne qualité est moelleuse et

s'écrase sans éclater entre les doigts; le goût doit indiquer peu de sel, la proportion donnée par l'analyse varie de 2 à 4 %.

Il n'est pas étonnant qu'une fabrication si minutieuse et si complexe expose à quelques mécomptes si l'on ne suit pas exactement la marche qui a été indiquée : il arrive, en effet, que quelques fromages sont défectueux ou même manqués.

On peut dire qu'en général, si le fromager est habile, la cause des défectuosités est inhérente aux matières premières : le lait de mauvaise qualité est la première cause de presque tous les accidents, et l'on conçoit qu'il en soit ainsi dans une fabrication qui exige le chauffage. On sait que dans le cas de laits aigris, altérés ou malades, l'élévation de température détermine la coagulation de la caséine.

Nous allons passer en revue les accidents les plus fréquents en en indiquant les causes probables.

Fromage soufflé. — Dans cet accident, le fromage est gonflé, sa surface est inégale : c'est que la fermentation, irrégulière en somme, a été, par places, beaucoup trop active.

Ce défaut du fromage provient presque toujours d'une mauvaise qualité du lait; la coagulation en a été trop rapide par suite du commencement d'altération, et des matières azotées en trop grande quantité sont restées emprisonnées dans le grain; cet accident est à redouter lorsque le wei s'écoule trouble et blanchâtre, ce qui arrive lorsque le caillé a été rompu trop lentement, que le grain est resté trop gros ou que dans le travail de la cave on a trop hâté par le salage, la formation d'une croûte dure. Dans ce cas, cette surface extérieure devient difficilement perméable aux gaz, le dégagement ne peut plus se faire à l'extérieur.

Les causes de la défectuosité indiquent le remède : si le lait est déjà un peu aigri, on doit diminuer la quantité de présure, l'étendre d'eau froide, le caillé doit être fait moelleux et l'on cuira ensuite le grain de telle sorte qu'il soit relativement peu sec; on modère la température et lors de l'addition de la présure, on ajoute une petite proportion de saumure qui retarde la fermentation.

Fromage à mille trous. — Cet inconvénient doit encore être attribué au lait qui contient trop de matières fermentescibles ou à une mauvaise séparation des matières albuminoïdes, peut-être aussi à un grain trop fin.

La fermentation se déclare pendant la fabrication même; elle dégage une odeur désagréable, la chaleur ne l'arrête plus et le fromage se constelle d'une infinité de petits trous : un remède ou plutôt un palliatif consiste à augmenter la pression, à changer souvent les toiles; mais malgré toutes ces précautions, un fromage atteint reste toujours défectueux.

Fromages vitreux. — Ce sont des pâtes mortes pour ainsi dire, les fermentations ne s'y déclarent pas et l'on ne voit pas apparaître les yeux.

Cet inconvénient se produit si la mise en présure a eu lieu à une température trop basse, si la présure est trop faible ou si l'on a rompu trop tôt ou trop vite un caillé peu compact ou mal pris.

On peut avoir également les mêmes accidents si l'on a cuit trop peu à une température trop élevée et que le grain ait été trop séché. Toutes les circonstances qui retardent la fermentation sont susceptibles de produire cet accident : les fromages fermenteront mal par exemple si les caves restent trop froides ou que l'on force la dose de sel d'une façon exagérée, en d'autres termes si la pâte devient sèche et dure.

Les causes étant connues, on voit les fautes à éviter : les jeunes fromages ne doivent pas séjourner trop longtemps dans la cave froide ; il est nécessaire d'éveiller la fermentation à une température de 16° à 20° après les 10 à 12 jours au maximum de séjour dans le séchoir.

De brusques changements de température produisent des accidents plus compliqués : si par exemple, on a trop salé le fromage et rendu sa croûte dure et compacte, il peut arriver qu'en le portant à la chambre chaude, le milieu seul entre en fermentation, tandis que les bords demeurent vitreux. Il importe donc de conserver à la croûte une certaine porosité, de ménager le sel et surtout de ne pas exposer les pains à des changements de température trop brusques.

On doit en somme recommander, surtout en été, dans les jours chauds et orageux, de refroidir aussitôt que possible le lait livré s'il ne doit pas être immédiatement mis en présure ; on peut ajouter de l'eau froide au lait, emprésurer à basse température à 32° ou 33° pour que le lait prenne plus lentement ; la régularité du grain et sa mollesse sont aussi de la plus grande importance. Les fromages très gras ont une tendance à devenir vitreux ou bréchés ; cet inconvénient grave force, dans certains pays, à ne fabriquer que des demi-gras ou des maigres ; dans ce cas la réussite est plus sûre, mais il vaudrait cependant mieux confier la besogne à des fromagers plus habiles et continuer à faire des fromages gras dont la saveur est infiniment plus agréable.

Fromages à croûte trouée. — Cet accident, qui doit quelquefois être attribué au lait défectueux, provient bien plus souvent d'une mauvaise fabrication. Si le grain est trop gras, que la pression soit insuffisante, la croûte reste spongieuse, et lorsque la fermentation se déclare dans l'intérieur des grains, elle est tumultueuse

et les grosses bulles de gaz qui prennent naissance arrivent à gonfler ou à percer la surface du pain. Il est évident qu'un salage énergique remédie un peu à ce danger; il est bon, si les fromages ont tendance à gonfler, de retarder leur entrée dans la cave chaude jusqu'à ce que la croûte ait pris une consistance suffisante.

En tous cas, ce défaut est grave et les fromages gonflés ont un goût particulièrement désagréable.

Fromages lainés. — C'est le défaut le plus commun dans les fromages défectueux. Le pain, au son, sonne creux, et à la section on y découvre de longues fentes ou crevasses à peu près parallèles aux faces de base. Les fromages lainés ne sont pas positivement mauvais; pour quelques-uns même le goût reste excellent, mais malgré cela, au point de vue commercial, leur valeur est fortement abaissée, ce n'est qu'une marchandise de basse qualité dont le bas prix constitue le fromager en perte.

Ce défaut peut provenir du lait, mais presque toujours, il doit être attribué à une mauvaise fabrication.

Il est souvent causé par un caillement trop sec ou trop rapide, par un découpage en grains trop gros qui, s'ils sont secs, se soudent mal les uns aux autres et se crevassent facilement.

Il peut provenir d'une pression mal dirigée sur un caillé trop mou ou sur des toiles peu solides dont les fils ou mêmes certaines portions s'incrustent dans la masse de la pâte.

Ce défaut provient aussi d'une élimination incomplète du wei; on aperçoit déjà dans des fromages qui laineront plus tard, de longues stries blanches, tranchant par leur couleur sur le jaune de la pâte : ces masses fermentent inégalement, et on constate souvent la formation des crevasses lorsque les pains sont transportés dans des courants d'air ou dans des caves à

température trop basse. Il nous paraît probable que la véritable cause de cet accident est encore inconnue : elle est peut-être due à la présence d'un microbe spécial se développant à côté des germes nécessaires.

Il est assez vraisemblable d'admettre également que c'est à des fermentations étrangères qu'il faut attribuer les goûts salés ou amers de certains fromages : ces ferments divers sont sans doute contenus dans les laits de mauvaise qualité.

Fromages spongieux ou éraillés. — Dans ces fromages, on observe un nombre considérable de petits trous irréguliers qui rappellent ceux de l'éponge. Ce défaut se produit principalement avec des laits vieux de traite. Il est possible que dans ce vieillissement, le lait ne reste plus homogène et que la caséine ait commencé de précipiter ; ces portions caséeuses, fermentent vite, surtout sur les bords, qui communiquent plus facilement à l'air. Les éraillures se produisent aussi dans les saisons froides ou lorsque le caillé se refroidit trop pendant la pression ; c'est alors le wei qui, restant emprisonné, donne ces fermentations mauvaises.

En résumé, comme on le voit, les défauts proviennent probablement, dans la majeure partie des cas, d'une mauvaise matière première, et le fromager doit porter d'abord toute son attention sur la qualité du lait qui lui est fourni : l'épreuve au lactofermentateur est très précieuse sinon même indispensable dans une fromagerie bien dirigée.

Dans les grands établissements même, on monterait à peu de frais des étuves à air dans lesquelles on pratiquerait ces épreuves : un lait mauvais au fermentateur donne certainement un fromage mauvais. En thèse générale, on peut conseiller de cailler plutôt un peu chaud pour que la pâte se délaite bien : les fermentations mau-

vaises sont souvent amenées par ce wei restant dans le fromage par suite d'un caillement trop mou, d'un chauffage trop faible ou d'une pression insuffisante, et ce sont probablement des germes contenus dans ce liquide, encore azoté et très fermentescible, qui provoquent la majeure partie des accidents dont nous avons parlé.

La fabrication du beurre de fonte. — Dans la précipitation de lait par la présure, toute la matière grasse ne reste pas emprisonnée dans le caillé ; la température étant élevée, le beurre déjà précipité se fond et reste alors à l'état d'émulsion plus ou moins complète dans le wei. On cherche à retirer cette matière grasse qui, bien séparée, donne un beurre qui est loin de pouvoir rivaliser avec les beurres de crème directe, mais qui, néanmoins, est assez acceptable et d'un usage courant dans les pays de fabrication d'Emmenthal.

Cette fabrication du deuxième produit demande quelques soins et de l'adresse de la part du fromager : les ouvriers mal habiles ne réussissent souvent qu'à fabriquer une espèce de crème consistant en matière grasse fortement chargée d'eau et de caséine, un beurre qui se décompose à la chaleur en donnant de détestables résultats dans la préparation des aliments.

Il est tout d'abord évident que ce beurre ne peut être préparé qu'avec des laits parfaits de goût et relativement riches; si ces conditions de qualité ne sont pas remplies, il est inutile de songer à une fabrication qui ne couvrirait guère les frais, quelque faibles qu'ils soient. Le rendement en beurre de fonte est toujours en effet très faible, minimum au mois de mai, il augmente pendant l'alpage et atteint son maximum au moment où cette délicieuse nourriture des montagnes a redonné le maximum de santé et de force aux animaux, puis à partir d'octobre,

la proportion de beurre va en diminuant et continue à s'abaisser pendant la stabulation.

Au maximum, on obtient peut-être un kilo de ce beurre par 100 litres de lait, au minimum on n'en a que 250 à 500 gr., de sorte que la moyenne est de 750 gr. environ. La séparation de la matière grasse peut se faire par deux procédés très différents : on peut refroidir le wei par une addition d'eau froide, ou conserver à une basse température les vases qui le contiennent; ces procédés sont bien applicables pendant l'hiver ou dans les montagnes où l'on dispose de l'eau glacée provenant de la fonte des neiges; dans ces circonstances, c'est en quelque sorte un écrémage que l'on pratique. La matière monte et se réunit à la surface du liquide et il ne reste plus qu'à l'agglomérer et à la délaiter par un barattage et un malaxage appropriés. Dans cette méthode, l'eau glacée ou le froid ont surtout pour effet d'empêcher l'acidification du wei.

D'autre part, la séparation est lente à la température ordinaire de 12° à 16°, et si l'on ne peut disposer d'eau froide ou de glace, il serait mauvais de persister à chercher la séparation par l'écrémage spontané. Il faut alors recourir à la séparation par précipitation au moyen de liqueurs acides.

La théorie de l'apparition du beurre dans les conditions de l'opération n'est peut-être pas encore bien certaine; voici, en tout cas, comment se pratique la chose :

Le wei, résidu de la précipitation du caséum, est chauffé dans une chaudière latérale autre que celle qui a servi à la préparation du fromage; on élève la température du wei par le chauffage direct jusqu'à 50° ou 75° et on lui ajoute 1 litre 1/2 ou deux litres d'aisy par chaudière.

Cet acide est du liquide résidu d'une opération précédente qui a subi une fermentation spontanée ou une

acidification que l'on entretient par une addition constante de liquide remplaçant celui qui est enlevé. Il serait à désirer que cette réaction chimique fût étudiée d'un peu plus près et que l'on parvînt à la connaître suffisamment bien pour la diriger à volonté : l'acidification est, par les moyens employés, essentiellement irrégulière et les effets de l'acide sont alors très différents suivant les cas. Si l'acide est trop fort, on précipite un beurre caséeux, tandis que s'il est trop faible, le rendement en beurre est plus petit qu'il ne devrait être.

Aussitôt que l'addition d'acide est opérée, il se produit un bouillonnement, des bulles de gaz se dégagent en entraînant dans leur mouvement ascensionnel les globules de matière grasse qui sont liquides à cette tempéture de 75°. Le bouillonnement est d'autant plus actif que la température est plus élevée. On ignore la nature du gaz qui se dégage. Il est probable que c'est celui qui était contenu primitivement dans le lait et qui devait être retenu par le réseau de matière azotée : la ca séine est probablement dissoute par l'acide ajouté et les gaz ainsi que les globules gras deviennent plus libres dans un liquide moins résistant que le lait où le wei primitifs. Il se passe peut-être une réaction analogue à celle que l'on observe dans le dosage de la matière grasse soit par le lactocrite, soit par le procédé à l'acide chlorhydrique.

Dans la séparation par l'acide ou l'aisy, le beurre n'est pas très bien isolé, c'est plutôt une crème que l'on obtient ; mais celle-ci est alors barattée comme à l'ordinaire, soit seule, soit mieux mélangée avec la crème de la traite du soir précédent.

Le beurre ainsi préparé est d'assez bonne qualité, surtout si l'on a pris soin de l'isoler du liquide dans lequel il s'est formé, aussitôt que les globules se sont réunis.

si l'on a tardé trop longtemps, surtout si ce beurre a été échauffé, car la chaudière reste toujours sur le foyer pendant cette manipulation, la qualité baisse rapidement; le produit est caséeux, blanchâtre et d'un goût bien moins franc et délicat.

On a essayé avec succès dans ces derniers temps de séparer la matière grasse par les écrémeuses centrifuges; cette manière de procéder donne d'excellents résultats surtout si l'on turbine un peu chaud; le beurre obtenu est de meilleure conservation que celui obtenu par l'acide.

Fabrication du serai ou deuxième fromage. — Le lait traité comme nous l'avons dit pour le gruyère d'abord et ensuite pour la matière grasse, renferme encore une certaine quantité de caséine soluble précipitable par la chaleur aidée de l'action des acides.

On porte à l'ébullition le lait que l'on vient d'écrémer et on lui ajoute de 3 à 5 % de lait aigri ou d'aisy d'une opération précédente : le précipité se forme. Ce sont des flocons blanchâtres qui apparaissent et nagent dans la masse. On les recueille sur une passoire pour les réunir dans une toile que l'on serre pour exprimer le liquide. La proportion de fromage recueillie est peu élevée, 4 à 6 ‰ du lait employé, mais malgré ce faible rendement, ce serai n'est pas négligé. Mangé soit frais, soit après plusieurs mois de conservation dans la toile, il constitue un aliment sain, très nourrissant et fort apprécié des fromagers. S'il ne doit être consommé que longtemps après la fabrication, on le sale à la dose de 6 % et on le conserve dans les caves, on lui ajoute quelquefois du cumin ou de la crème; dans ce dernier cas, ce fromage est mangé comme dessert avec du sucre pilé, on lui donne le nom de gruaux de montagne.

Le liquide résidu de toutes ces préparations successives contient encore du sucre de lait que l'on extrayait

autrefois en petit dans quelques fromageries suisses. Aujourd'hui la fabrication se fait en grand et le dernier wei est abandonné aux porcs.

En somme, cette fabrication du gruyère apparaît, d'après les explications précédentes, comme une des plus complètes utilisations du lait, car on en retire deux fois du fromage, gruyère ou emmenthal, puis du serai, du beurre, et on utilise encore les eaux mères pour l'alimentation des animaux.

La fabrication du gruyère peut être variée de bien des façons qui toutes correspondent à des fromages de goûts particuliers.

L'emmenthal est le type de la qualité première. Fabriqué avec du lait non écrémé ou du moins très peu écrémé, il contient, à l'état sec, en moyenne 30 % de matière grasse; il est regrettable de constater que cette proportion semble diminuer avec les années; l'appât du gain existe puissant et porte les fromagers à écrémer jusqu'au point à partir duquel le fromage aurait trop changé de goût; l'introduction des centrifuges a favorisé et facilité ces écrémages partiels en les rendant plus rapides sans qu'il en résulte d'inconvénients pour la qualité du lait.

En France, on tend à fabriquer des pains plus petits avec du lait plus écrémé et la proportion de matière grasse tombe à 25 ou même 20 %.

Les fromages franchement mi-gras ou maigres ne renferment plus que 10 et même 5 % de beurre, mais ces teneurs si faibles correspondent à des produits secs, peu vendables et par conséquent dont la préparation ne saurait être recommandée. Les pains ou meules diffèrent par les dimensions, la coloration de la croûte, le temps de conservation.

Les gruyères dont nous avons parlé sont marchands

au bout de trois à quatre mois, mais quelques variétés sont conservées bien plus longtemps dans les caves.

A Gessenay, près Berne, on garde les fromages trois ans et plus, ils doivent alors être fabriqués en vue d'une fermentation très lente et être à petits yeux, caillés secs et bien pressés pour expulser le wei.

Les poids varient de 10, 15 à 100 ou 150 kilogs par pain; la maturation des pains de faible dimension est plus rapide, mais moins régulière, et la fabrication des grosses meules est en général plus rémunératrice. Il est ici, comme partout, bien plus avantageux de fabriquer avec soin des fromages de qualité supérieure que de présenter au commerce des produits médiocres dont la préparation aura été moins coûteuse; il n'est pas rare de trouver des écarts de vingt, de quarante francs par cent kilos d'une fruitière à une autre. Il faut compter en moyenne sur une quantité de 11 à 12 litres de lait pour un kilog de fromage et les frais de fabrication s'élèvent à 8 à 10 francs par 1,000 litres de lait travaillé; si l'on base les calculs sur des prix de vente de 140 à 180 francs les 100 kilogs, il est facile de déduire le prix maximum à payer pour le lait.

Prenons en comptant les déchets une quantité de 1,150 litres de lait pour 100 kilos de fromage :

		fr.
On obtient 100 kilos de fromage		160
Au minimum :	9 kil. de beurre de fonte	18
	Serai, etc.	2
Total		180

Les frais de fabrication étant évalués à 9 fr. en moyenne, il reste une somme de fr. 171 pour 1,150 litres de lait, soit 14 centimes environ.

Ce prix est trop élevé puisqu'il ne laisse aucun bénéfice,

que le cours de 160 fr. n'est atteint que dans les excellentes fruitières et qu'il existe en outre des déchets presque inévitables provenant des accidents et des manques. Le beurre de la crême directement extraite donne une petite somme qu'il conviendrait d'ajouter, mais malgré ce surcroît de revenu, on voit qu'il est peu raisonnable de payer le lait plus de douze centimes. Ce prix est cependant dépassé quelquefois en Suisse où quelques fruitières obtiennent jusqu'à 180 fr. par % kilos, mais en général des taux de 13, 14 centimes entraînent à des pertes qui peuvent être sensibles.

Il faut remarquer en effet que la fabrication n'est payée que longtemps après la mise en œuvre et que le fromager possède quelquefois dans sa cave pour dix ou vingt mille francs de marchandise. C'est une somme dont l'intérêt est lourd, et dont la réalisation est soumise à des aléas d'une réussite, qu'une négligence ou un manque de soins viennent parfois compromettre.

Traitement de l'aisy ou azi. — L'azi est préparé avec de la recuite, mais il est nécessaire de n'employer que de la recuite limpide, celle qui est de couleur verdâtre; si le caillé a été mal préparé et que le wei soit trouble et blanchâtre, il ne donne qu'un azi de très mauvaise qualité et qui se corrompt assez vite.

On conserve le vieil azi dans un tonneau placé verticalement sur un de ses fonds et portant à peu près au premier tiers de la hauteur, un robinet de bois qui permet de soutirer le liquide clair sans troubler le dépôt du fond. Pour préparer de nouvel azi, on verse du wei bouillant dans le tonneau, c'est ce que l'on appelle brûler l'azi. Peut-être se produit-il dans cette manipulation une stérilisation partielle qui empêche le liquide de se décomposer par des fermentations de moisissures ou de microbes. Ce qui conduirait à penser que tel est bien

le but de l'opération, c'est qu'en été, il est nécessaire de plus *brûler* qu'en hiver, car dans la saison chaude, l'acétification marche plus vite.

Le bon azi se recouvre au bout de peu de temps d'une légère pellicule blanchâtre, qui ressemble assez au voile du *Mycoderma aceti.* Le liquide au-dessous est assez clair, un peu verdâtre, il doit avoir un goût vineux, mais non acide, et donner une belle écume quand on le brûle.

TYPE DE CHALET MODÈLE

PROPOSÉ AUX SOCIÉTÉS DE FROMAGERIE PAR L'ÉCOLE DE LAITERIE DE MAMIROLLE.

Les constructions des fromageries de Gruyère laissent bien souvent beaucoup à désirer. M. Ch. Martin, le directeur de l'école de Mamirolle, a étudié d'une façon très heureuse la meilleure disposition à adopter pour les locaux de travail. Un modèle du bâtiment proposé se trouvait à la grande exposition de 1889 dans les collections agricoles du quai d'Orsay.

Disposition générale. — Lumière et ventilation assurés dans tous les locaux. Dimensions spacieuses. Sol en asphalte. Partout pente de 1 1/2 ou 2 %, dans le sens transversal et dans le sens longitudinal, amenant les eaux du lavage dans un canal par l'intermédiaire d'une grille syphoïde qui empêche tout retour d'odeurs. Tous les petits canaux aboutissant dans une conduite collectrice qui emmène perdre les liquides résidus loin de la fromagerie. Murs blanchis au lait de chaux. Dans la chambre à lait et les caves, plafond constitué par une voûte plate en briques et fer à T.

Distribution des locaux. — Une pièce centrale, le vestibule, commande toutes les autres.

C'est là que se fait la réception du lait, la vente des produits, le pesage des fromages. C'est là aussi que le fruitier procèdera aux analyses de lait.

L'établissement d'un vestibule a un grand avantage, c'est que les sociétaires ne pénètrent pas dans la cuisine; celle-ci peut donc être tenue propre et surtout, point très important, le fromager n'est pas dérangé dans son travail par les conversations des fournisseurs.

L'instrument de pesage indiqué est la romaine à simple fléau qui donne des indications absolument exactes.

La cuisine ou atelier de fabrication est placée au sud et à l'est; elle est très éclairée. Le sol est en ciment, car l'asphalte pourrait se ramollir sous l'action de la température élevée.

Le plafond est en bois enduit d'un lait de chaux, le plâtre tomberait en effet sous l'influence des vapeurs produites. Comme système de chauffage, le mieux est le foyer mobile muni d'une chaudière fixe, il y a économie de combustible, aucun dégagement de fumée et surtout la température se maintient constante dans toute la masse du lait lors de l'emprésurage; enfin on peut utiliser la chaleur perdue pour l'obtention d'eau bouillante.

La presse proposée est du type Laurioz; son degré d'action est réglable à volonté, ce qui permet de l'utiliser pour les fromages de différents poids.

Les menus appareils que l'on doit rencontrer dans la cuisine sont : le tranche caillé et le brassoir métallique dont l'emploi provoque la formation d'un grain égal exempt de poussière, assurant à la fois une pâte plus homogène et une augmentation de poids.

Le vestibule communique avec la chambre à lait placée au nord.

Dans cette pièce, le lait séjourne douze heures. On obtient la température modérée nécessaire en été par l'établissement d'un bassin réfrigérant en ciment reposant sur une maçonnerie. Le fond du bassin porte en saillie deux cordons de ciment sur lesquels reposeront les vases ou rondots destinés à recevoir le lait.

Le bassin est légèrement incliné de façon que l'eau puisse être renouvelée facilement. On peut employer l'eau de citerne à défaut d'eau de source. Un déversoir à coulisse sert à la fois à établir le niveau d'eau donné variable suivant les saisons et à établir la vidange complète du bassin.

Des ouvertures placées à la hauteur des rondots et plus haut, toutes munies de toiles métalliques et de volets permettent en été d'aérer pendant la nuit et de préserver de la chaleur pendant le jour.

A l'extrémité de la chambre à lait, se rencontre la chambre à beurre.

Il serait souvent profitable d'introduire la fabrication du beurre en commun à la fruitière. Un chiffre le prouvera nettement; le cours des beurres dans les villages est de 1 fr. en moyenne, les 500 grammes. Or, on peut atteindre 1 fr. 40 et 1 fr. 50 net, pendant une partie de l'année, si l'opération est bien pratiquée, la crême étant, dans les régions du Doubs et du Jura, de qualité supérieure; le bénéfice est évident.

Le long de la paroi, court une tablette en ardoise.

Cette cave sert de salle d'emballage; on lui ménage une aération facile.

La beurrerie vient ensuite pourvue de baratte danoise, malaxeur, délaiteuse.

Dans la salle du *petit-lait*, on a placé une écrémeuse centrifuge.

Le turbinage du petit-lait frais, donne une crême excellente et en quantité supérieure.

La disposition proposée peut convenir pour un travail à moteur. Il suffit d'adosser un hangar, contre le côté ouest pour loger soit le manège, soit une machine à vapeur.

Retournons dans le vestibule. Dans l'angle, un monte-charges permet de descendre, sans les froisser, les fromages dans les caves. Celles-ci sont au nombre de deux : la cave *fraîche* et *sèche*, plus petite, qui recevra tout d'abord les fromages pendant dix ou douze jours.

Ils se durcissent, se ressuient et peuvent alors supporter sans inconvénient 17° à 18° degrés centigrades dans la cave chaude.

La température élevée est obtenue en hiver par un calorifère spécial donnant une chaleur constante jour et nuit et identique dans toutes les parties de la cave.

L'école de laiterie de Mamirolle a expérimenté avec succès, durant l'hiver de 1888-89, les calorifères, dont l'emploi a permis de livrer au commerce le 25 avril les fromages de décembre, janvier et février.

Le chauffage rationnel des caves amène non seulement une avance de maturité, mais assure encore aux produits une qualité supérieure, la fermentation marchant régulièrement sans soubresauts.

En hiver, la ventilation ne peut se faire par les fenêtres. Il y aurait danger à introduire brusquement l'air froid; c'est pourquoi on a établi à côté de la cheminée du calorifère une autre cheminée identique communiquant par deux bouches avec la cave : la colonne d'air s'échauffe au contact de la paroi de séparation; il y a un appel et la ventilation s'établit automatiquement; l'air froid est amené par un tuyau de poterie débouchant en dehors, au niveau du rez-de-chaussée, et se terminant

en bas à quelques centimètres au-dessus du sol de la cave.

En été on obtient à volonté l'humidité nécessaire en arrosant le sol.

Une glacière est disposée à côté de la cave fraîche; pour la fabrication du beurre en été, son utilité apparaît évidente.

Le premier étage comprend le logement du fruitier et la salle de réunion des sociétaires.

Au grenier, on mettra le bois et les matières achetées en commun, à terme, sur nantissement des fromages en cave, suivant la méthode inaugurée par la Société de fromagerie de Mamirolle (engrais, tourteaux, semences, etc.).

Le plan dont on vient de donner une description a été appliqué en tout ou en partie par un certain nombre de fruitières.

Port du salut. — Ce fromage est le type d'une catégorie de fromages à pâte demi-cuite et il établit ainsi une sorte d'intermédiaire entre les fromages affinés et les gruyères ou analogues.

Le lait est mis en présure à 28° ou 30° de telle façon que la coagulation dure 30 minutes. Le rompage se fait à la lyre et dure 8 à 10 minutes, puis on fait le grain en élevant la température jusqu'à 33° ou 36° et agitant continuellement. On ne dépasse pas cette dernière température et on continue à remuer pendant 20 minutes environ; on laisse déposer, on soutire le wei par un robinet et on recueille le caillé pour le mouler immédiatement.

Les moules sont construits en fer blanc, 27 centimètres de diamètre, et 8 centimètres de hauteur. On les garnit de toiles dans lesquelles on pilonne légèrement le caillé, puis on le recouvre avec la toile et on soumet à la

pression pendant six heures. Dans cet intervalle, on change souvent la toile qui se mouille; la pression est modérée; exercée par de petites presses à vis, elle ne dépasse pas 6 kilos par kilo de fromage.

Ensuite on passe les fromages au séchoir et après douze heures on commence à les saler d'abord avec du sel pur et sec pendant quatre à cinq jours, ensuite en les frottant avec des linges imbibés d'eau salée.

Après douze jours, on porte les fromages dans des caves dont la température ne doit pas dépasser 12°.

Les pains y séjournent de cinq à six semaines. Pendant ce temps on les retourne, on les surveille, on les sale et on les essuie de temps à autre : la croûte se forme et la fermentation est tout interne.

La pâte du port du salut est tendre avec une certaine élasticité, le goût est doux et agréable, l'odeur est à peine sensible.

Ces fromages sont fabriqués dans certaines abbayes dont les moines refusent l'accès aux visiteurs; malgré cette exclusion jalouse, plusieurs particuliers ont saisi les prétendus secrets de ces commerçants, lavage du caillé, etc. et livrent aujourd'hui dans les marchés des façons port du salut tout aussi bonnes que les fromages monastiques.

Le fromage reggian, parmesan. — Le fromage reggian, désigné en Italie sous le nom de *fromagio di grana reggiano,* se fabrique dans les provinces de Parme et de Reggio. On le confond souvent avec le Parmesan lombard, dont les principaux centres de production et de commerce sont Lodi, Codogno, Crema, etc. Ces deux produits, quoique différant d'aspect et de goût, sont vendus sous la dénomination de parmesan; leur mode de fabrication est à peu près le même.

Le fromage reggian bien réussi, bien assaisonné, pré-

sente une structure granuleuse et une cassure spéciale qui a quelque analogie avec celle de la cire vierge; il présente, comme le lombard, de petites cellules éparses dans la masse qui contiennent souvent des gouttelettes de matière visqueuse, tenant, d'après beaucoup de connaisseurs, à la graisse du pâturage, bien que le même phénomène se produise dans le grain lombard obtenu de lait tout maigre.

Le fromage reggian est toujours très savoureux et possède une odeur aromatique. Sa coupe reste constamment jaune, même dans les déchets. Dans le grain lombard, au contraire, sauf des cas exceptionnels, la section prend une coloration verdâtre qui donne au fromage un aspect peu séduisant et le rend souvent moins bon et légèrement amer. On a émis beaucoup d'opinions sur la cause de ce verdissement; on croit généralement qu'il provient de l'emploi de bassins de cuivre pour l'écrémage du lait. Le cuivre serait attaqué et décomposé en partie par l'acide lactique et donnerait lieu, en présence du safran, à la coloration de la pâte lorsqu'elle se trouve en contact avec l'air. Il serait bien facile de s'assurer de la présence du cuivre et de savoir aussi au juste si des composés de ce métal existent en réalité dans la pâte.

Une fabrique de reggian consiste le plus souvent en trois locaux. *Le châlet,* qui sert en même temps à la conservation et au travail du lait, ainsi qu'à la pression du fromage et à la fabrication du beurre et du babeurre, le *saloir* et la *fromagerie* proprement dite. A l'ensemble de ces constructions sont annexées l'habitation du fromager et les *porcheries*.

Le chalet est formé d'un espace au rez-de-chaussée, un peu élevé au-dessus du sol, de forme quadrilatérale ou octogonale, avec des piliers qui soutiennent le toit;

entre les piliers s'élève un mur plein d'environ 1 mètre 20 de hauteur au-dessus duquel l'espace compris entre les piliers est rempli par des birques en grille ou en échiquier par les intervalles desquelles le chalet reçoit l'air et la lumière. Parfois, les briques sont remplacées par des grillages ou des treillis en fil de fer. Le chalet peut se comparer à une grande cage recouverte d'un toit. Le pavé est en briques. Au milieu de la chambre, se trouve une grosse colonne en maçonnerie qui sert, en haut, de point d'appui aux poutres du toit, et, en bas, à deux gros châssis de fer, tournant sur charnières, qui soutiennent les deux chaudières dont est presque toujours muni le châlet. Les fourneaux sont adossés à la colonne; ils consistent en une cavité semi-circulaire dans laquelle se trouve et peut se mouvoir la chaudière conduite par le châssis en fer auquel elle est suspendue. Autour des murs du chalet, il y a une espèce de gradin en briques sur lequel on place les bassins à écrémer.

Le *saloir* est un petit local entouré de fortes tables en bois dur, ayant une légère pente et élevées de terre d'environ 60 centimètres. Ce local sert souvent d'antichambre au magasin à fromages, la *cascina*, qui doit être bien exposé, suffisamment ventilé et à l'abri des insectes.

On fait écrémer le lait dans des bassins en bois de sapin de 55 à 60 centimètres de diamètre sur 15 de hauteur. Chaque bassin contient une vingtaine de litres de lait. Quelques fromagers ont adopté des bassins en terre cuite vernie; au point de vue théorique, les bassins en bois sont condamnables, mais les fromagers les préfèrent parce que, selon eux, le lait y atteint plus promptement le degré de maturité voulu.

La chaudière en cuivre qui sert à la confection du fromage a la forme d'une cloche renversée; sa capacité

varie naturellement suivant les fromages et va de 300 à 800 litres.

Pour l'écrémage du lait et la retourne du caillé, on emploie ce qu'on appelle la *puisette;* c'est un récipient en bois de peu d'épaisseur, très évasé, sans manche et avec le bord extérieur aminci.

Pour rompre le caillé, on se sert de la *molette* ordinaire; et pour le diviser, du *moussoir*, formé d'un bâton en bois muni à son extrémité inférieure de pointes de fort fil de fer.

L'extraction du fromage se fait au moyen d'une pelle en bois de peuplier pour soulever la masse caséeuse qu'on recueille ensuite dans une toile ou dans une cuvelle en bois. Cette pelle a une certaine analogie de forme avec celle des boulangers.

Les formes à fromages sont faites de cercles en bois doux, entourées d'une corde au moyen de laquelle on peut modifier le diamètre des cercles. Les dimensions sont : hauteur 13 à 15 centimètres; diamètre 50 à 60 centimètres. A la forme on superpose un disque de bois dur, nommé rondelle, et, sur celui-ci, on place ordinairement une grosse pierre pour comprimer la masse caséeuse.

Avec la pierre et la rondelle, on obtient un poids de 40 kilogrammes environ.

L'établi est formé d'une grosse planche de bois dur, légèrement inclinée, avec le fond externe relevé et muni d'une gouttière.

Voici comment se pratique la fabrication :

Le lait est d'abord coulé sur un tamis, posé sur les écrémeuses; on remplit ces récipients *à moitié*, avec le lait de la traite du soir, et le lendemain matin on procède à un premier écrémage après lequel on achève de remplir les écrémeuses avec la traite du matin; deux ou trois

heures après, on écrème une seconde fois avant d'introduire le lait dans la chaudière destinée à la fabrication du fromage.

La température à laquelle le lait est chauffé varie selon les circonstances et les saisons; elle est, en moyenne, de 31° centigrades, en été, et de 37°, en hiver. Pendant le chauffage, le lait est constamment remué à l'aide du moussoir.

Dès que le lait est arrivé à la température voulue, on enlève la chaudière du feu et l'on procède à la mise en présure. A cet effet, on écrase dans le liquide chaud une boule de présure *pâteuse* pesant environ 50 grammes pour 550 litres de lait et préalablement enveloppée dans un linge. Quand la présure est uniformément répartie dans la masse liquide, on attend que la coagulation soit complète, ce qui demande une demi-heure, en été, et une heure environ, en hiver.

Ensuite, on opère le rompage du caillé avec la crémette et on laisse reposer pendant huit à dix minutes, quand la division est suffisante. On enlève, alors, une portion du petit-lait qui surnage; on ramène ensuite la chaudière sur le feu; on remue toute la masse avec un autre moussoir et on y ajoute du safran en poudre à la dose de 2 grammes et demi pour 500 litres de lait. On procède ensuite à la cuisson du caillé en agitant constamment la masse, et, tout en faisant *le grain,* on élève progressivement la température jusqu'à 50 et même 55 degrés.

Quand le caillé a été réduit en fragments de la grosseur d'un grain de blé, on retire la chaudière du foyer et on laisse la masse du caillé se réunir au fond. La cuisson dure environ cinquante minutes et le dépôt du caillé de dix à quinze minutes.

Le fromager retire alors de la chaudière une nouvelle

quantité de petit-lait, et quand il n'en reste plus qu'environ 15 litres par cent litres de lait traité, il procède à la sortie du fromage à l'aide d'une grosse toile et le pain est déposé dans un cuvier où on le laisse égoutter pendant quinze à vingt minutes avant de l'introduire dans la forme.

Les fromages restent dans les moules pendant quarante jours; le premier jour, on les retourne trois ou quatre fois, le second, deux fois, et, ensuite, une fois tous les jours.

Quant au salage, il consiste en un lavage des fromages avec la saumure qui s'écoule de la table du saloir et un saupoudrage direct des pains avec du sel assez gros. La quantité de sel employée est d'environ 4 pour cent du poids des fromages.

Après la salaison, on transporte les fromages sur les tablettes d'un magasin à température basse où l'air se renouvelle lentement. On les laisse *mûrir* jusqu'au moment de la vente. Les fromages en magasin doivent être soignés minutieusement : on les râcle, on les frotte avec un mélange d'huile de lin et de noir d'os, et on les retourne d'autant plus fréquemment qu'ils sont plus jeunes.

Le fromage reggian s'expédie dans toutes les contrées de l'Italie. La Vénétie, le Brescian, la Toscane, le Piémont, la province de Ferrare en achètent de fortes quantités.

Les principaux débouchés, à l'étranger, sont l'Autriche-Hongrie, la France, l'Égypte et l'Amérique.

CHAPITRE VI

ROQUEFORT ET FROMAGES SIMILAIRES

Fromage de Roquefort. — Le roquefort est un type curieux de nombreuses variétés de fromages dans lesquels la maturation se fait surtout sous l'influence de mucédinées végétant à l'intérieur de la pâte.

La moisissure active est dans presque tous les cas le *Penicilium glaucum,* moisissure si commune que ses spores sont partout, mais que l'on obtient mieux cependant et à coup sûr par un ensemencement préalable.

La préparation de la semence de *Penicilium* est d'ailleurs des plus faciles, car cette moisissure apparaît presque à coup sûr sur les fruits acides, le citron entr'autres, abandonnés au contact de l'air. Mais dans la pratique, on la fait naître sur un pain préparé d'une façon spéciale.

On fait un levain avec moitié farine d'orge et farine de froment ou de seigle largement imbibées de vinaigre; la pâte est fortement cuite au four, puis le pain abandonné à lui-même dans un endroit humide et déjà garni de pains moisis. La fermentation ne tarde pas à s'établir dans toute la masse, mais elle n'est complète qu'après un mois ou un mois et demi. Quand on coupe les morceaux, on voit que tout l'intérieur est devenu

vert, c'est le vrai pain moisi qu'on utilise après broyage et tamisage. La poudre verte est préparée par les soins de l'usine centrale et on la distribue ensuite aux paysans qui fournissent du fromage de leurs brebis ou de leurs vaches dans d'autres localités.

La fabrication du roquefort est surtout pratiquée dans les environs du village de ce nom, situé dans le département de l'Aveyron.

Cette contrée est la région des *Causses*. Ce sont des plateaux de calcaires jurassiques découpés presque verticalement par des fentes ou des crevasses. Le terrain est perméable en grand et devient bien vite sec après les pluies, puisque les eaux trouvent un écoulement facile dans ces grandes failles naturelles; la végétation est languissante; une herbe maigre et rare pousse seule dans ces contrées arides et l'élevage du mouton est la grande ressource de l'agriculture locale.

La fabrication du roquefort a été un véritable bienfait pour ces pauvres cultures, et elle est restée encore prospère et bien vivante à l'heure actuelle, malgré la redoutable concurrence des bleus faits avec le lait de vache.

Le lait de brebis servant à la fabrication des fromages est trait deux fois par jour; chaque traite peut être faite successivement par deux personnes différentes, l'une qui retire le plus de lait possible et l'autre qui bat la mamelle pour en retirer les dernières portions d'un liquide qui va en s'enrichissant. Il serait probablement avantageux de faire trois traites au point de vue des rendements, mais cette pratique n'est pas encore entrée dans les habitudes.

Le lait du soir est chauffé dans un vase de cuivre étamé; l'élévation de température a pour effet de stériliser partiellement le lait et de l'empêcher de s'aigrir.

Le liquide chaud est transvasé dans des terrines de grès vernissé où on le laisse refroidir.

Le lendemain matin une forte proportion de la crème a monté, on l'enlève et on l'utilise pour la fabrication d'un beurre que l'on consomme dans le pays.

On mélange ensuite avec la traite du matin et on met en présure à une température de 33° à 35° centigrades.

On se sert peu, jusqu'à présent dans l'Aveyron, de la présure commerciale; on prépare une présure spéciale en faisant infuser dans un litre environ d'eau vinaigrée deux caillettes d'agneau que l'on a ouvertes et saupoudrées de sel, de poivre et de clous de girofles.

Après deux jours de macération, on filtre sur un linge et on recueille dans une bouteille que l'on maintient ensuite bien bouchée. Malgré cette dernière précaution, cette présure, préparée sans grands soins le plus souvent ne se conserve que quelques jours.

Le caillé obtenu est divisé puis débarrassé du sérum que l'on enlève au fur et à mesure de son apparition; on presse avec des écuelles la masse solide pour en faire exsuder le wei, puis on entonne le caillé dans des moules ronds de terre cuite vernissée; leur diamètre est de 21 centimètres environ, la hauteur de 9 centimètres, ce qui correspond plus tard à un poids de fromage d'à peu près 3 kilogr. Ces moules sont percés de petits trous pour l'écoulement du liquide.

On emplit les formes à trois reprises différentes et entre chaque couche on émiette quelques pincées de pain moisi aussi uniformément que possible. Les différentes couches sont appliquées les unes sur les autres, la dernière fait saillie au-dessus du moule; on la comprime avec des planches chargées de poids que l'on augmente peu à peu. Après dix à douze heures, le caillé est soudé

on peut démouler les fromages; on les enveloppe alors dans un linge sec et on les transporte dans des pièces fraîches et bien aérées, ce sont des haloirs. Le sérum continue à suinter, on change les linges lorsqu'ils sont trop mouillés et au bout de dix à douze jours, le fromage est suffisamment sec pour supporter le transport à la cave.

Les premières opérations avaient pu se faire dans la ferme; la fin ou la maturation nécessite des locaux spéciaux que la nature a disposés dans la contrée.

La maturation doit se faire sous l'influence du *Penicilium* et il importe de retarder ou de supprimer le développement des bactéries; on y parvient en conservant les fromages à très basse température.

Or, il existe dans les environs de Roquefort des cavernes naturelles qui ont été produites par des éboulements en grand des puissantes assises de l'oolithe.

Des blocs immenses de calcaire ont glissé peu à peu le long des couches d'argile et sont venus s'accumuler pêle-mêle dans les vallées, en laissant entre eux des vides dans lesquels circulent les eaux souterraines. Ces excavations sont parcourues par d'énergiques courants d'air dont la température s'abaisse par la vaporisation de l'eau jusqu'à 4 degrés centigrades quelquefois. C'est dans ces caves que se passe la deuxième phase de la fabrication; on a évidemment aidé à la nature et plus ou moins bien aménagé pour le travail ces grottes irrégulières, mais tous les locaux ne sont pas également favorables à une bonne fabrication. Il est nécessaire d'avoir un renouvellement d'air énergique avec une température basse et un état hygrométrique assez élevé, environ 60 % (1); et jusqu'à présent les moyens méca-

(1) Le travail pour les femmes employées est particulièrement pénible dans ces conditions.

niques de ventilation ou de refroidissement n'ont pas permis d'établir des caves aussi bonnes que quelques caves naturelles.

Les locaux de maturation sont ordinairement divisés en deux parties principales.

A la partie la plus élevée qui correspond au niveau de l'entrée sont deux pièces ou plutôt deux ateliers : le *poids* et le *saloir;* puis ordinairement en dessous sont les caves qui dans les grandes fromageries comportent plusieurs étages séparés.

Les fromages, à l'arrivée, sont reçus dans la chambre appelée *le poids*, là, on les examine et on les pèse pour établir la somme à payer au fabricant.

On conserve les fromages dans ce local d'entrée, dont la température est très basse, pendant dix à douze heures environ, et on les transporte ensuite au saloir. Dans cette salle, on répand du sel sur leur surface, puis on place les fromages les uns au-dessus des autres par piles de trois; on les retourne, un jour après, pour les ressaler de nouveau et on les empile en ordre inverse. Cette pratique a pour but de faire durcir la croûte et d'empêcher le *Penicilium* de prendre un trop grand développement à l'extérieur.

Après deux jours de séjour au saloir, on frotte énergiquement les fromages au moyen d'un morceau de toile par le moyen duquel on enlève les premières moisissures produites, puis on réempile encore une fois les pains les uns sur les autres pour les laisser deux jours en contact.

Après cela, on procède à un nettoyage complet de la croûte; autrefois ce râclage de la surface se pratiquait à l'aide de couteaux, aujourd'hui on fait passer les fromages dans des systèmes de brosses manœuvrées à la main ou à la vapeur, et qui parent vite et d'une

manière complète les faces et les bords du pain : la brosseuse mécanique peut racler 4 à 5000 fromages par jour; la rebarbe blanche, résidu de ce nettoyage, est comestible, on la vend aux ouvriers.

Au-dessous se trouve une couche de matière glaireuse, le pégot, qui est utilisée avec succès dans l'alimentation des porcs.

Cette opération du raclage se répète à plusieurs reprises et après quelque temps de séjour dans la cave, la couche enlevée, formée encore de moisissures, passe tout entière avec le dépôt glaireux jaune ou rougeâtre sous jacent dans la nourriture des cochons.

On voit donc que la préoccupation constante dans cette fabrication est de supprimer la végétation extérieure; par contre, il devient nécessaire de favoriser le développement de la mucédinée à l'intérieur du pain. Pour cela, il faut faciliter l'accès de l'air ou sa circulation dans la pâte. On y parvient en faisant passer le fromage sous une espèce de brosse dont les crins sont remplacés par des aiguilles d'acier de 7 à 9 centimètres de long et d'un très faible diamètre. Chaque brosse qui porte une centaine de ces pointes sur une surface un peu plus faible que celle du fromage est animée à volonté d'un mouvement de montée et de descente et on peut alors en l'abaissant cribler de trous verticaux un pain de fromage donné.

Cette machine à percer et à aérer donne les meilleurs résultats possibles, comme régularité de maturation principalement.

Le travail des pains à la cave n'a pas de limite bien tracée, car il est évident que l'on peut, suivant les goûts du consommateur, laisser se développer plus ou moins les végétations cryptogamiques, et les fromages peuvent être livrés à la consommation encore un peu frais au bout

de trente ou quarante jours, ou séjourner de deux à cinq mois ou plus dans les salles de maturation. Ils acquièrent alors avec le temps un goût piquant et fort, une odeur plus pénétrante qui les rapproche un peu du Cantal.

Par suite des raclages et de l'évaporation, les fromages perdent à la cave environ 30 % de leur poids, de sorte que l'on compte sur un rendement final de 12 à 13 % du lait employé : les pâtes renferment au moment de la vente environ 30 à 40 % d'eau, 30 % de matière grasse et 25 % de caséine.

Ces fromages sont très estimés et se vendent au détail à des prix très élevés, surtout lorsqu'il s'agit des crèmes roquefort que l'on emballe avec le plus grand soin dans des feuilles d'étain.

De puissantes sociétés, celle des *Caves réunies* entre autres ont perfectionné ces fabrications en encourageant la fondation de laiteries modèles où les cultivateurs peuvent apprendre les règles d'une préparation convenable et rénumératrice.

La société dont nous venons de parler fait annuellement pour plus de 22,000,000 d'affaires en laissant dans le pays des fonds qui sont venus améliorer sensiblement les conditions d'existence du paysan des Causses. Dans les conditions actuelles, les brebis rapportent en moyenne annuelle un peu plus de 30 francs par tête.

Fabrication du fromage persillé, façon Gex, d'après les documents de Huesli, maître fromager. — Le fromage de Gex appartient à la classe des fromages à pâte ferme, il présente les mêmes marbrures que le roquefort et se fabrique avec du lait de vache.

Il se fabrique principalement dans l'Ain, le Jura, l'Isère et les Hautes-Alpes et surtout est vendu dans la Provence.

Le bâtiment pour la fabrication du gex, doit comprendre :

1° Une cuisine avec un fourneau et une chaudière pour faire bouillir le petit-lait et chauffer l'eau pour laver les ustensiles.

2° Une chambre pour faire cailler le lait.

3° Un séchoir pour les fromages; il faut pouvoir y placer un fourneau pendant l'hiver. Ces deux appartements peuvent être réunis en un seul.

4° Une cave pour conserver les fromages jusqu'au moment de la vente.

Le mobilier nécessaire :

Quelques seilles en sapin ou en mélèze pour cailler le lait, d'une contenance de 100 à 120 litres.

Quelques moules pour les fromages de 15 à 20 centimètres de diamètre et 10 à 12 centimètres de profondeur, faits ordinairement d'une seule pièce.

Quelques égouttoirs pour recevoir le petit-lait tombant des moules.

Un certain nombre de saloirs pour contenir les fromages pendant huit jours dans le sel.

Quelques « hausses », cercles en fer-blanc que l'on adapte sur le moule.

La présure. — Les caillettes de veau sont vidées et lavées à l'eau fraîche, ensuite débarrassées de leur graisse, salées et placées dans un pot. Elles restent dans la saumure une huitaine de jours. Après on les gonfle et on les fait sécher dans un endroit sec (cheminée). Les caillettes bien conditionnées sont recouvertes d'une croûte blanche formée par la saumure et franches de toute mauvaise odeur. On peut s'en servir au bout de six mois à un an.

Pour préparer la présure, on prend une caillette pour 6 litres de petit lait (cuite) bien clair et on ajoute :

200 grammes de sel de cuisine, 40 grammes de poivre blanc, 5 grammes de cannelle, et quelques clous de girofle; on laisse infuser ces ingrédients jusqu'à ce que la « cuite » ait pris la température de 35° à 46°, alors on ajoute la caillette et on couvre le pot, puis on laisse reposer le tout pendant 5 à 6 jours en été et 8 à 10 jours en hiver, dans un endroit chaud.

Quand la présure est convenablement claire, on la soutire et on la met en bouteilles. Nous répétons que pour notre compte nous conseillons toujours de préférence l'emploi des présures danoises auxquelles il serait bien facile d'ajouter les ingrédients ci-dessus.

Mise en présure. — On ajoute la présure au lait à la température de 20° à 25° suivant la qualité du lait et la saison. La température du local où la coagulation s'effectue doit être de 20° à 22°. La quantité nécessaire de présure est calculée pour que le caillé soit terminé en une heure et demie ou deux heures. Une fois le lait convenablement caillé, on enlève la légère couche de crème qui s'est rassemblée à la surface.

Ensuite on découpe tout à fait doucement le caillé, avec une cuillère en bois et on continue de brasser avec le même instrument, jusqu'à ce que la masse soit devenue demi-liquide, on laisse reposer pendant 10 minutes; le caillé se ressemble au fond de la seille et on décante tout doucement le petit-lait.

Une fois le caillé convenablement égoutté, on le met dans le moule « faisselle », où il est pétri avec la main, et, pour mieux faire sécher la pâte, on ajoute quelques grains de sel.

Après une heure, on le tourne, on l'enveloppe d'une toile, et sur le fromage on met un couvercle avec un poids de 2 à 4 kilos suivant la saison, plus léger en été qu'en hiver. Le fromage doit être tourné 3 à 4 fois

par jour. En été, on tiendra les moules avec les fromages au frais, et en hiver au chaud, pour mieux favoriser l'égouttage.

Au bout de vingt-quatre heures, on démoule et on porte le pain dans le saloir où il doit rester huit jours.

Pendant ce temps, on le tourne tous les jours, on écoule la saumure, et on met du sel sur le côté et dessus. En hiver, il est nécessaire de tenir les chambres chaudes, car un fromage trop refroidi dans le saloir ne devient jamais bleu.

Enfin, quand le fromage a été salé quatre fois de chaque côté, on le sort du saloir et on le place dans le séchoir sur des rayons à claire voie. Dans le séchoir le fromage est tourné tous les jours.

Dans la belle saison, on doit tenir les portes et les fenêtres fermées pendant le jour pour empêcher les mouches de s'introduire, et on laisse les fenêtres ouvertes pendant la nuit pour aérer les fromages.

Un fromage bien fabriqué devient bleu au séchoir. Avec une sonde, on peut facilement se rendre compte de l'état de sa maturation, s'il a besoin d'être descendu à la cave pour modérer un peu la fermentation, et pour pouvoir attendre le moment de la vente.

Rendement du lait en fromage bleu, 100 kilos de lait rendent en moyenne 11 kilos de fromage frais au sortir du saloir.

Bleu d'Auvergne; façon roquefort; *De sa fabrication dans les montagnes du Mont-Dore* (Auvergne). — Mr Chabory a fait une étude remarquable de cette fabrication intéressante; c'est grâce à lui que nous avons pu visiter des fromageries de bleus et c'est aussi sur les documents qu'il nous a fournis que nous donnons la description de cette industrie. — La production de ce fromage est prospère dans plusieurs communes des

cantons de Rochefort-Montagne, de Latour, de Tauves et dans quelques cantons du département du Cantal, principalement dans le canton du Murcenet.

Mode de fabrication. — Au début, quelques fabricants avaient eu l'idée d'acheter le lait des propriétaires et de procéder chez eux à la fabrication complète et dans tous ses détails, depuis la mise en présure jusqu'à la dernière opération.

Après une année d'essais infructueux, les fabricants mieux avisés, ont demandé aux propriétaires de préparer eux-mêmes et chez eux le fromage, c'est-à-dire de cailler le lait, de procéder à la mise en moule et aux diverses opérations de salaison et d'ensemencement de la poudre qui fait développer les champignons bleus; les fabricants fournissent à leurs clients la moisissure de pain de seigle qui est destinée à cette opération, ils fournissent aussi les moules en fer blanc ou en zinc, tous ces moules sont de la même dimension.

Le lait de vache est le seul employé à la fabrication du fromage bleu.

Chaque propriétaire prépare le fromage chez lui et suivant qu'il a une ou plusieurs vaches, suivant sa récolte quotidienne en lait, il fait en un jour, un ou plusieurs fromages, ou bien il met un jour ou plus pour faire un ou deux fromages pesant tout vert environ deux kilos.

Immédiatement après la traite, le lait est passé au tamis où il est à peu près débarrassé des poils et des impuretés qui le souillent.

On met en présure de telle façon que la coagulation se produise en une heure environ.

Chez les propriétaires les plus actifs et les plus soigneux, le temps nécessaire à une bonne coagulation varie de une heure à une heure trente minutes.

Rompage du caillé. — Après la prise en masse, le caillé est rompu et émietté à gros grains, le petit-lait est enlevé et on laisse égoutter le caillé jusqu'au moment où il a acquis une assez grande consistance. L'égouttage et le durcissement de la masse sont aussi variables que la prise en masse du caillé ; il n'est pas un seul ménage où la durée de cette opération soit identique. Lorsque l'égouttage est jugé suffisant, la ménagère ou le vacher émiettent le caillé avec les doigts, les uns à petits grains, les autres à gros grains. Les fromagers observateurs émiettent à gros grains, ils ont remarqué qu'en suivant cette pratique le petit-lait sortait moins blanc et le fromage acquérait un poids plus élevé. Le caillé ainsi émietté est placé par couches dans le moule et saupoudré avec une poudre verdâtre (moisissure de pain de seigle) qui est remise de la main à la main par le fabricant à chaque propriétaire.

Salaison. — Les fromages sont tournés et roulés dans le sel, de huit jours en huit jours, cette opération de la salaison n'est soumise à aucune règle fixe, la quantité de sel varie avec la main de l'opérateur.

Transport des fromages. — Chaque fabricant fait connaître aux propriétaires qui sont ses fournisseurs, le lieu, l'heure et le jour où il viendra prendre livraison des fromages verts (fromages blancs); le jour fixé, les propriétaires descendent dans la vallée, donnent aux fabricants les moules pleins et reçoivent en échange des moules vides; les fabricants emportent dans leurs caves tous les moules pleins de provenances diverses et conservent encore les fromages pendant huit jours sans les sortir des moules en ayant soin pourtant de les saler encore au moins une fois.

Raclage et trouage. — Après cette huitaine, tous les

fromages sont raclés et troués avec un appareil spécial, muni de broches en acier.

Cette opération est destinée à mettre la moisissure de pain en contact avec l'air et faciliter ainsi le développement des cryptogames bleus; les raclures sont envoyées à la porcherie.

Mise au séchoir. — La mise au séchoir consiste dans le transport des fromages dans une pièce chauffée au moyen d'un poêle ordinaire. Ce nouveau pèlerinage dure environ huit jours. Après cela les fromages sont pesés et telle pièce qui pesait deux kilos, ou à peu près le jour de la livraison faite par le propriétaire au fabricant ne pèse plus qu'un kilo sept cents et même un kilo six cents en sortant du séchoir.

Il faut en moyenne dix-huit litres de lait pour faire un bleu, que les fabricants payent aujourd'hui de 45 à 50 centimes les 500 grammes. Autrefois les fabricants payaient 55, 60 et même 65 centimes les mêmes produits.

En sortant du séchoir, les fromages sont transportés à la cave d'affinage.

Le séjour dans cette cave varie avec les saisons et surtout avec le plus ou moins d'activité de la vente. A la cave d'affinage, les fromages sont surveillés de très près, car il y en a qui partent en bouillie, d'autres qui s'effritent et tombent en miettes; ces accidents sont encore peu expliqués et il est souvent difficile de les éviter.

Comme on le voit, cette fabrication n'est plus du tout la même que celle du roquefort, l'affinage se fait à une température plus élevée; on a vu des caves de bleu entretenues à 16° ou 18° par des poêles.

Le fromage bleu est incontestablement inférieur au roquefort, mais, dans son espèce, son goût est agréable et justifie la renommée du produit.

Tout récemment, le marché s'est enrichi d'un nouveau fromage, le sarrazin, fabriqué d'après des méthodes analogues et mûri par le *Penicilium*. Ce fromage a été fort apprécié du public et sa fabrication est en voie de développement.

Gorgonzole (Fromage de). — Le gorgonzole est un fromage italien, qui a une grande analogie avec notre fromage français le roquefort. Il tire son nom d'une petite localité du Milanais qui était autrefois le centre de fabrication de ce produit.

La croûte en est brune : la pâte est d'un jaune clair avec marbrures dont les unes sont jaune foncé et les autres bleues. Il pèse de 12 à 15 kilogrammes en moyenne. De forme cylindrique, il a généralement 30 centimètres de diamètre sur 20 de hauteur.

Le gorgonzole se fabrique avec du lait *non écrémé* provenant de deux traites successives, celle de la veille au soir et celle du matin.

La traite du soir, versée dans une chaudière d'environ 100 litres de capacité, est chauffée à feu nu, puis mise en présure après avoir été ramenée à la température de 25°.

Aussitôt que le caillé est pris, on le coupe verticalement d'abord, puis horizontalement et on le met à égoutter sur une toile suspendue au-dessus d'une gerle.

La traite du lendemain matin est travaillée de la même manière, et les deux caillés, l'un froid, l'autre encore tiède, sont placés dans des baquets en attendant la mise en moules qui se fait comme suit :

Après avoir garni l'intérieur du moule d'une toile grossière à canevas, on le remplit, en faisant alternativement un lit de caillé chaud et de caillé froid, puis on émiette le fromage avec les doigts, on le recouvre de sa toile et on l'abandonne pendant douze heures au bout

desquelles il est suffisamment solide pour être retourné dans le moule.

Le lendemain, on sort le fromage, on le remet, sans la toile, dans le moule et on le transporte dans un endroit frais où il reste trois ou quatre jours sur un lit de paille sèche; pendant ce temps, on le retourne matin et soir.

Puis on le sale, on le frotte avec un chiffon de laine, on le retourne encore pendant huit à dix jours et on le transporte dans une cave très fraîche.

Pendant un mois, il est lavé à l'eau salée et frotté sur toute sa surface, et enfin abandonné à lui-même pour que la maturation s'accomplisse.

Autrefois, le gorgonzole ne se fabriquait qu'en automne, lors de la descente des troupeaux des montagnes de l'Italie septentrionale; mais, aujourd'hui, la fabrication a pris une extension considérable depuis que M. Antonio Zazzera, de Codogno, a découvert des caves dont la température constante au-dessous de 10 degrés centigrades lui a permis de fabriquer en toutes saisons.

C'est dans une vallée latérale du lac de Lecco que sont installées des *caves glacées* qui réunissent toutes les conditions indispensables à une bonne fabrication.

Le village de Pasturo, où furent établies les premières caves, devint, au bout de quelque temps, le centre d'une fabrication dont l'importance augmente tous les jours.

Des convois de mulets amènent constamment des fromages à affiner qui sont ensuite livrés à la consommation. Les fromages y sont placés sur de nombreux rayons.

D'un côté, il y a les *bianchi*, c'est-à-dire les fromages blancs, qui devront mûrir sans se veiner. Il y a des consommateurs qui les préfèrent tels. De l'autre côté, on voit des rangées de fromages piqués à l'aiguille,

à l'instar des roqueforts. Ceux-là devront se veiner, c'est-à-dire que la pâte se couvrira plus ou moins de champignons microscopiques. Avec le temps, ils deviendront *persillés*.

Le fromage de Gorgonzole, lorsqu'il est bien fabriqué avec du lait non écrémé, et lorsque son affinage est complet, constitue un aliment délicieux.

Malheureusement, la fabrication de ce fromage est encore loin d'être régulière, et on n'obtient pas toujours l'uniformité désirable dans la consistance de la pâte.

Actuellement, les caves glacées de Pasturo reçoivent annuellement 150,000 fromages qui en ressortent affinés et prêts à la consommation. En comptant le fromage au poids moyen de 6 kilos, nous arrivons au chiffre respectable d'un million de kilogrammes (1).

(1) Renseignements fournis par P. Schuler.

CHAPITRE VII

MÉTHODE D'ANALYSE. — ENSEIGNEMENT DE LA LAITERIE

Rendements de fromageries. — Dans la fabrication des fromages on précipite en même temps que la caséine, quelques-uns des principes constituants du lait et l'on emprisonne une certaine quantité d'eau dans le caillé. Les rendements en fromages sont donc sensiblement plus forts que la proportion de caséine ne semblerait le comporter.

Les rendements sont d'autant plus élevés que le caillé a été précipité plus lentement et qu'il reste plus aqueux et en même temps plus mou.

Les fromages mous rendent beaucoup plus que les fromages secs, mais la perte sur le poids total est presque toujours plus grande; les laits écrémés donnent naturellement moins que les laits gras. Voici quelques chiffres moyens qui peuvent guider dans les spéculations à entreprendre.

Fromages	mous gras, genre camembert, brie...	15 à 17 %
—	durs pressés gras, genre hollande.....	9 à 10 —
—	maigres mous, genre limbourg.......	12 à 13 —
—	maigres pressés, genre hollande maigre.	6 à 7 —
—	cuits, genre gruyère, emmenthal gras...	8.50 à 9.50 —
—	— maigres.	7.50 à 8.50 —

Les pertes de fabrication varient de 2 à 10 %. Nous avons eu l'occasion d'analyser un assez grand nombre

de laits d'égout ou de wei de fromage mou. La composition moyenne correspond à 70 grammes de résidu par litre; le sucre de lait entre dans ce chiffre pour 30 % environ et les cendres ou résidu fixe pour 8 % : la proportion de matières protéiques comptée à 16 % d'azote donnerait sur 32 grammes 5 grammes d'azote environ; ces liquides, comme le lait écrémé, seraient donc très utilement employés pour les irrigations; mais en général, on constate qu'ils constituent un engrais trop énergique et il serait bon de les étendre d'eau avant de les répandre sur les prairies. Dans quelques localités, en Suisse notamment, on extrait de ce wei le sucre du lait contenu; nous en avons donné la préparation dans un autre chapitre.

MÉTHODE GÉNÉRALE D'ANALYSE DES FROMAGES.

Procédé de M. Duclaux. — La masse coagulée destinée à devenir du fromage est formée, d'un côté, de caséine authentique ayant entraîné avec elle une partie du phosphate de chaux en suspension dans le lait, de l'autre, de sérum avec tous ses éléments, sucre de lait, matière grasse, caséine dissoute et sels minéraux solubles; cette masse complexe devient alors le siège de changements qui à leur tour la transforment en fromage.

Or nous savons que les agents ordinaires de la maturation des fromages commencent par changer la caséine insoluble en caséone soluble dans l'eau et pouvant pénétrer à travers la porcelaine. Celle-ci, devenue capable d'entrer alors dans le cycle vital des microbes, y éprouve une suite de transformations qui en font, l'une après l'autre, de la matière extractive soluble dans l'alcool, des amides cristallisables, des sels ammoniacaux à acides gras volatils et terminant par du

carbonate d'ammoniaque, rendant la masse plus ou moins alcaline. La caséone est seule le résultat de l'action de la caséase, les autres matériaux de destruction sont le produit de l'action vitale des infiniments petits.

Nous pourrons donc trouver une mesure du degré variable d'intervention des microbes dans la maturation des fromages en évaluant, d'une part, la quantité de caséïne devenue soluble dans l'eau, de l'autre la quantité de caséine changée en sels ammoniacaux.

Bien que ces deux produits aient la même origine, rien ne démontre qu'ils doivent changer à proportion; la dessiccation graduelle de la masse empêche le développement des microbes; au contraire, elle favorise l'action graduelle des diastases.

On peut encore distinguer, dans la partie de caséine soluble dans l'eau celle qui se coagule sous l'action de la chaleur et à laquelle on donne le nom d'albumine.

Méthode d'analyse (1). — *Prise de l'échantillon.* — La composition de la croûte du fromage est ordinairement très différente de celle du reste de la pâte, elle n'est pas nécessaire à l'alimentation; il est plus pratique de la mettre à part et d'aviver les surfaces, jusqu'au moment où commence l'homogénéité de la pâte.

Au moyen d'une sonde à fromages commune, on prélève une prise d'essai à un endroit donnant aussi bien que possible un échantillon moyen.

L'échantillon pesé est enfermé dans un tube cylindrique et fermé par un bouchon à l'émeri. Pour cette opération, on prend 2 à 3 gr. de matière.

On pèse ensuite 20 gr. de sable de Fontainebleau, sec et pur. On en verse dans un mortier émaillé les 7/8, à peu près, on y mêle l'échantillon pesé de fromage, pour

(1) Duclaux, *le Lait.*

obtenir une masse homogène, le tout doit être broyé et bien mélangé; cette masse s'agglomère à peine, elle est pour ainsi dire toujours pulvérulente. On verse le tout dans un tube cylindrique de 3 à 4 cent. de diamètre; le tube est effilé à la base afin de pouvoir y adapter un petit tube de caoutchouc, mais il est dépourvu de tubulure latérale.

Si le fromage est mou, on en coupe quelques morceaux que l'on pèse dans une capsule de porcelaine, destinée à recevoir le mélange avec le sable, et le tout sera mis dans le tube effilé.

Afin de n'avoir aucune perte de sable par l'effilure, on pratiquera une ouverture fermée avec un fil de platine façonné en clou. Le sable conservé sert à nettoyer le mortier et le pilon : ce sable est ensuite remis avec celui qui est dans le tube.

On place le tube à fromage dans un bain de 50 à 60 degrés; on fait arriver un courant d'air entrant par sa partie inférieure et entraînant avec lui la vapeur d'eau qui s'échappe par le haut.

Lorsque la dessiccation est terminée, une pesée fait connaître le poids d'eau contenu dans l'échantillon étudié.

Par la partie supérieure du tube, on y introduit du sulfure de carbone; la dissolution des corps gras se fait rapidement. Cette dissolution une fois terminée, et le tube desséché dans un courant d'air sec, on le pèse de nouveau.

On obtient ensuite, en faisant traverser le tube par de l'alcool concentré, ou bien par de l'eau chaude ou froide, la séparation des matières solubles dans ces liquides différents. L'alcool emportera les sels minéraux solubles, les sels ammoniacaux, une partie des amides cristallisables et l'extractif soluble dans l'alcool, en un mot, la partie de la matière albuminoïde la plus avan-

cée dans la voie de la destruction. On l'évapore; le résidu, desséché à 100°, sera pesé ensuite.

Une calcination à blanc, donne la proportion de sels minéraux.

La filtration est rapide, le lavage se termine vite; néanmoins il faut évaporer l'eau, là encore on sèche à 100°, on pèse, et on calcine afin de faire la déduction des sels minéraux, et obtenir la quantité de matière organique soluble dans l'eau chaude. C'est en comparant le chiffre obtenu à la proportion de matière organique soluble dans l'eau froide, que nous verrons s'il y a une portion de cette matière qui se coagule à l'ébullition, ce serait de l'albumine.

Cendres et sels. — Rigoureusement et en partant de l'échantillon broyé avec du sable, nous pourrions établir la proportion de sels, en déterminant ce que les extraits alcooliques et aqueux ont entraîné de ce corps; mais à l'aide de cette méthode, il serait impossible de doser exactement les cendres minérales et insolubles et il est préférable de les déterminer en même temps que les proportions de chlorure de sodium à l'aide d'un autre échantillon qui, pesé dans une capsule de platine, est desséché avec soin pour éviter les projections.

L'opération achevée, on calcine et on blanchit les cendres, on pèse. On dose très bien le sel marin à l'aide du chromate d'argent.

Caséine et autres matériaux solubles dans l'eau. — Après avoir pesé 10 gr., on les broie finement dans un mortier en y mêlant à peu près leur volume d'eau. L'ensemble, formant une pâte homogène, doit reposer pendant une demi-heure. En tournant toujours, on verse goutte à goutte de l'eau. La séparation de la matière grasse s'effectue, et si le fromage est inoccupé par les microbes, ou alcalin, les grumeaux apparaissent,

cette matière grasse, tout en conservant le goût du beurre, a aussi la consistance de ce dernier. Le fromage éprouvant un changement rapide ou profond, l'eau absorbe plus librement la matière grasse, et la surface en est pour ainsi dire dépourvue.

Il ne faut arrêter de délayer le tout que lorsque l'on a atteint 100 c. c. environ.

Comme pour le lait, le mélange est filtré à la porcelaine. Au bout de quelques heures, on obtient à peu près 60 ou 70 c. c. d'un liquide limpide et contenant les éléments en solution.

On en évapore à 100° dans une capsule de platine 10 c. c.; ils sont pesés, calcinés, ainsi que les cendres.

On obtient la matière organique par la différence des deux produits. Cette matière est composée de caséine provenant de l'action de la caséase, et d'une petite quantité des produits de cette destruction de la caséine depuis le point de départ, jusqu'aux sels ammoniacaux et au carbonate d'ammoniaque, en quantité très faible.

Par abréviation, nous conserverons pour ce mélange le nom de caséone, le corps dominant, et nous mesurerons le degré d'intervention des microbes par l'égalité existant entre la caséone et la caséine, ou ce qui dans le fromage n'est ni eau, ni beurre, ni sels minéraux.

Le restant du liquide filtré est étendu d'eau, afin d'obtenir 150 c. c. et d'opérer une distillation nous donnant ce qu'il renferme d'ammoniaque.

Après avoir recueilli la moitié du liquide, on peut cesser la distillation, on dose l'ammoniaque par les procédés ordinaires.

Ammoniaque combinée. — On verse dans la cornue un peu de magnésie calcinée dans 20 ou 25 c. c. d'eau, on distille les 2/5 du liquide total. Le résultat donne l'ammoniaque combinée.

Acides volatils. — Ces acides proviennent soit du pouvoir des microbes sur la caséine, soit de la saponification des corps gras sous l'influence du temps, de la lumière, etc.

Vu leur double origine, ils composent un mélange compliqué, on peut rechercher les éléments au moyen de la méthode des distillations fractionnées, citée avant.

La quantité totale de ces acides est évaluée en acide butyrique.

On filtre le liquide resté dans la cornue, on lave afin de séparer la magnésie en trop, on verse dans le liquide, une faible quantité d'acide sulfurique, on amène à 55 c. c. on distille, par prises de 10 c. c., à 40 c. c. saturés à part par l'eau de chaux. C'est la même chose que si la distillation se faisait sur 110 c.c. à 80 c.c. par doubles prises de 10 c.c. De la somme de ces 4 nombres, on conclut d'une manière approchée la quantité totale en multipliant le total de l'acide distillé par le rapport 90, 2 pour l'acide butyrique.

ENSEIGNEMENT DE LA LAITERIE.

Maintenant que nous avons passé en revue les principales industries du lait, il peut paraître intéressant de connaître où il est possible de les apprendre pratiquement. Nous allons donner quelques notes sur nos principales écoles de laiterie de France en terminant cette revue par la monographie d'une école de Suisse.

En Allemagne, en Angleterre, en Danemark, etc., de semblables écoles sont aujourd'hui nombreuses et richement dotées; on en trouvera des descriptions dans les comptes rendus de missions ou de voyages de MM. Chesnel, Grosjean, Lezé et de quelques auteurs étrangers.

Il est évident que quantités de détails, même impor-

tants, ne peuvent trouver place dans un livre et ne sont jamais connus que par la vue ou la manipulation dans l'atelier.

Des écoles de laiterie dans lesquelles on donnera un enseignement pratique à côté des leçons théoriques sont donc d'une utilité incontestable et absolue pour former ce personnel d'élite appelé à appliquer les découvertes scientifiques modernes.

Notre administration française a compris l'étendue de ce besoin et a décidé la création de plusieurs écoles d'agriculture et de laiterie qui fonctionnent déjà avec succès, donnant des élèves instruits et capables. Les directeurs de ces écoles ont prêché d'exemple et nous voyons avec plaisir les produits sortis de ces établissements remporter toujours et partout les premières récompenses dans les concours.

École de Saulxures. — L'École pratique d'agriculture et de laiterie de Saulxures-sur-Moselotte (Vosges) créée par arrêté ministériel du 31 juillet 1884 a été fondée grâce à la généreuse initiative de M. le sénateur Claude (des Vosges), dans le but essentiel de perfectionner les méthodes employées dans la fabrication fromagère vosgienne, et de faire sortir l'industrie laitière du pays de l'état précaire dans lequel elle se trouvait depuis un certain nombre d'années.

Comme dans toute entreprise nouvelle venant, pour ainsi dire, bouleverser les idées reçues jusqu'à ce jour, les débuts offrirent quelques difficultés, mais aujourd'hui les résultats sont des plus concluants et, chose essentielle, la plupart des cultivateurs s'aperçoivent que les procédés routiniers d'autrefois doivent faire place aux méthodes perfectionnées, seules capables de permettre aux produits obtenus de lutter avec avantage sur le marché.

Le fromage de Géromé, qui constitue en effet la principale ressource des cultivateurs des montagnes des Vosges, était tombé dans un discrédit tel que la vente en était devenue très difficile et très peu rémunératrice.

Aujourd'hui, au contraire, les prix se relèvent d'une façon régulière ou, du moins, ils atteignent un taux suffisant pour assurer aux cultivateurs les bénéfices qu'ils peuvent attendre de leur industrie. Ces résultats ne feront certainement que s'affirmer de plus en plus, grâce à l'exemple que donnent certains cultivateurs intelligents, qui n'ont pas hésité à modifier leurs procédés de fabrication suivant les principes adoptés à l'École de Saulxures, ou grâce aux connaissances que répandent autour d'eux les jeunes gens sortant chaque année de l'École de laiterie.

En effet, pendant les deux années d'études qu'ils passent à Saulxures, les élèves suivent, non seulement les cours d'agriculture générale, de zootechnie, et de sciences physiques, chimiques et naturelles, mais ils reçoivent encore des leçons très détaillées d'industrie laitière, comprenant tout d'abord l'étude du lait, au point de vue physique et chimique, les conditions de sa production, ses altérations, ses falsifications et les méthodes d'analyse en usage, puis les conditions de l'écrémage, les appareils employés, la description des barattes et la fabrication du beurre dans tous ses détails, enfin l'étude des différents fromages et la description des procédés employés pour leur fabrication.

Ce programme, qui comprend au moins trente leçons est complété par des applications pratiques faites au laboratoire de l'École par les élèves eux-mêmes, en vue de se familiariser avec les différents appareils d'essai et d'analyse du lait : de plus, une collection assez complète d'ustensiles de beurrerie et de fromagerie leur

permet de se rendre compte *de visu* de la construction des instruments employés, suivant les régions, pour la production du beurre et du fromage; enfin, au point de vue exclusivement pratique, chacun d'eux participe à tour de rôle et pendant une semaine à la préparation du beurre et du fromage; de cette façon, ils suivent toutes les phases de la fabrication pendant les différentes saisons de l'année et se rendent parfaitement compte des soins spéciaux à donner aux fromages suivant les modifications qui surviennent dans les conditions atmosphériques. A leur sortie de l'École, les élèves possèdent en industrie laitière, une somme de connaissances suffisante pour pouvoir conduire avec succès et d'une façon rationnelle la fabrication de la ferme paternelle, ou pour remplir utilement un emploi de fromager dans une de ces laiteries industrielles, si nombreuses aujourd'hui. De ces deux situations, l'industrie laitière ne peut que tirer profit, car d'un côté les différentes productions locales, beurre ou fromages vont s'améliorant sans cesse, tandis que d'autre part, il y a tout avantage à avoir affaire à des jeunes gens exercés et capables de remédier aux petits accidents de fabrication qui se produisent fréquemment plutôt qu'à des ouvriers sans aucune instruction spéciale apprenant souvent leur métier aux dépens de celui qui les emploie.

A côté des cours réguliers qui retiennent les élèves pendant deux années à l'École de Saulxures, le conseil général des Vosges, dans ses deux sessions d'avril et d'août 1887, a pris l'initiative d'établir un cours temporaire d'industrie laitière et d'entretien du bétail, en faveur des jeunes gens de 16 à 24 ans qui ne pourraient s'astreindre à passer deux ans à l'École de laiterie.

Ces cours temporaires, qui n'ont qu'une durée d'un mois, ont lieu trois fois par an pendant les mois de mars, mai et novembre. Le nombre des élèves qu'il est

possible d'admettre à chacune de ces périodes, a été fixé à six au maximum et cela afin que chacun d'eux puisse passer successivement un laps de temps suffisant aux deux services de laiterie et de vacherie.

Le programme de ces cours temporaires, qui comporte près de trente leçons, traite tout d'abord du logement des animaux, de leur hygiène et des défauts des étables du pays, puis de l'élevage des jeunes animaux et des soins d'entretien de la vache laitière; l'étude du lait vient immédiatement après, avec ses altérations et ses falsifications; enfin, la moitié du programme est consacrée à la fabrication du beurre et du fromage, en insistant principalement sur le choix de la présure, les moules à fromages et les soins à prendre pour l'affinage des produits.

Au point de vue pratique, les élèves sont exercés chaque jour et à tour de rôle à la fabrication du beurre et du fromage et à la préparation des rations des animaux. Ils acquièrent ainsi pendant leur séjour d'un mois une aptitude suffisante pour mettre à profit les enseignements qu'ils ont reçus.

Ces cours temporaires ont rendu jusqu'à ce jour de très grands services et plusieurs des jeunes gens qui les ont suivis se sont mis immédiatement à l'œuvre en adoptant les procédés de fabrication usités à l'École de laiterie, ou même en établissant de toutes pièces de petites laiteries et en achetant le lait de leurs voisins pour le transformer en fromage.

Un dernier avantage des cours temporaires est de disperser en peu de temps dans le département tout entier un certain nombre de jeunes gens capables de répandre, autour d'eux et dans un petit rayon, des notions exactes sur l'industrie laitière, et de contribuer ainsi à la prospérité du pays.

École de Coëtlogon. — Cette École est destinée à l'instruction de jeunes filles qui désirent apprendre plus spécialement la fabrication des fromages mous affinés et la fabrication du beurre; elle est placée dans un pays renommé pour la qualité de son lait des petites vaches de race bretonne, les environs de Rennes, qui nous fournissent les beurres dits de la Prevalaye.

L'École a été créée par un arrêté ministériel, en date du 4 février 1886, sur la demande de la Chambre de commerce de Rennes.

La durée des études y est de six mois, la première promotion commence en janvier, la seconde en juillet.

Dix bourses semestrielles sont données chaque année par le ministère de l'agriculture; quatre pour le département d'Ille-et-Vilaine et deux pour celui des Côtes-du-Nord. Le ministère d'agriculture de Belgique a aussi accordé des bourses pour cet établissement et, jusqu'ici, cinq jeunes filles en ont profité.

Puis la chambre de commerce de Morlaix vient de voter deux bourses pour les élèves venant du Finistère.

En plus des cinquante-huit jeunes filles reçues à Coëtlogon depuis 3 ans comme boursières, onze l'ont été comme pensionnaires et beaucoup des anciennes élèves ont prolongé leurs études en payant aussi leur pension.

A chaque semestre, le nombre des demandes d'admission excède de beaucoup celui des bourses à distribuer.

L'organisation des travaux pratiques comprend cinq groupes, chacun d'eux est chargé, à tour de rôle, du service des écrémeuses, de la beurrerie, de la fromagerie. de la vacherie et basse-cour, du jardin et du ménage,

L'enseignement théorique comprend : la technologie du lait, son utilisation, l'installation et le matériel d'une laiterie, la fabrication du beurre et du fromage, l'étude de la vache laitière, de l'élevage et de l'engraissement des animaux, des soins à donner à la basse cour et l'hygiène de la ferme.

En plus, quelques notions sont données aux élèves sur les soins intérieurs du ménage et sur la comptabilité à tenir dans une exploitation laitière.

Le temps des élèves est partagé en deux parts égales, suivant les indications données aux écoles pratiques par le ministère.

L'école est installée dans les vieux bâtiments du château de Coëtlogon, situé à deux kilomètres de Rennes.

L'aménagement de la laiterie est loin d'être irréprochable et modèle; jusqu'ici l'on a cherché à faire le moins de frais possible en un établissement sur la réussite duquel il existait plus d'un doute. Aujourd'hui, en présence des résultats obtenus, le conseil général d'Ille-et-Vilaine fait réparer complètement l'immeuble, il vient de voter la création d'une laiterie comprenant fromagerie et beurrerie.

École pratique de laiterie de Mamirolle. — L'École de laiterie de Mamirolle a été créée par un arrêté du 19 juin 1888. La Société départementale d'Agriculture du Doubs avait, depuis longtemps, pensé qu'un établissement de ce genre apporterait un grand secours à l'industrie fromagère de la Franche-Comté, attardée dans les vieilles méthodes et qui se faisait battre, pour cette raison, sur son propre marché, par la concurrence étrangère.

Un appel fait aux conseils généraux du Doubs, de la Haute-Saône et du Jura, par le ministre, à la séance d'avril 1888, amena le vote d'une subvention de 3,333 francs

du Doubs et 1,000 francs de la Haute-Saône. Le Jura préféra établir une école exclusivement départementale de fromagerie.

Le choix de la commission interdépartementale chargée d'examiner les diverses propositions pour l'emplacement de l'école, s'arrêta à Mamirolle, village situé à une demi-heure de Besançon.

Des bâtiments très vastes pouvaient être acquis à bon compte. Les approvisionnements de lait pouvaient se faire, non seulement dans la localité, mais, si besoin en était, par chemin de fer. Enfin, chose très importante, la localité était très bien placée sous le rapport des communications, pour permettre aux visiteurs, des deux départements coopérant à l'installation, un voyage facile.

Le 1er novembre 1888, l'école ouvrait ses portes à des élèves.

L'établissement comprend aujourd'hui les locaux suivants :

Salle de réception,

Salle des écrémeuses et des barattes,

Salle de malaxage,

Local pour le traitement de la crème,

Chambre froide pour le lait et le beurre, bien délimitée avec les locaux précédents;

La cuisine ou ateliers de fabrication pour les gruyères et les pâtes dures,

Fromagerie pour les pâtes molles,

Une cave d'expérimentation,

Une cave froide pour les gruyères, — une cave chaude et un séchoir,

Hangar pour le générateur,

Salle de la machine.

Outre les bureaux de la direction et du comptable,

situés près de la salle de réception, il y a un laboratoire, à la fois station de contrôle et de recherches.

Une salle de cours, et une vaste salle de collections,

Une petite étable, pour servir à la fois à l'enseignement et aux recherches, sera annexée très prochainement à l'école.

Les réservoirs à petit lait sont situés en dehors de l'établissement.

L'outillage comprend un générateur et une machine de huit chevaux,

Écrémeuses.

Pompe à vapeur,

Barattes danoises, malaxeur et baratte à bras,

Écrémeuses de de Laval à bras,

Récipients de formes diverses pour l'écrémage spontané,

Une chaudière à fromage, à vapeur de 1,500 litres, et une chaudière mobile à foyer fixe;

Une chaudière fixe à fromage avec vagonnet,

Moules, tranche-caillé,

Appareils de contrôle du lait,

Matériel de cave, hygromètre, etc.

Le personnel (direction et enseignement) est logé dans l'école.

La fabrication principale est celle du gruyère, sous toutes les formes, mais en même temps on pratique et l'on enseigne la fabrication du beurre, l'écrémage centrifuge, la fabrication des fromages à pâte molle.

La quantité de lait, qui était au début de 200 litres par jour, atteint aujourd'hui 5,300. Elle est fournie par une société coopérative, dite fruitière, qui prête son lait à l'État, en prenant à sa charge tous les frais de fabrication, sauf ceux du personnel.

Les produits sont rendus à la Société fruitière qui en dispose à son gré.

Les 400 fournisseurs qui composent la société sont répartis dans les communes avoisinantes. Ils nomment chaque année un conseil d'administration, à raison de deux délégués par commune.

Le conseil délègue un trésorier chargé de recevoir les versements des négociants et de répartir ensuite tous les deux mois, la somme qui revient à chaque village, au prorata du lait fourni.

Les délégués de chaque village répartissent à leur tour la somme entre les sociétaires.

Chaque sociétaire a droit de prendre en à-compte beurre, fromage contre un reçu; il est débité de la valeur de ces denrées.

On a même fait organiser un véritable crédit en nature pour semences, tourteaux, engrais. Le président du conseil d'administration fait une commande par wagon, payable trois ou quatre mois après la livraison.

La Société est responsable du payement, mais elle a toute garantie pour le lait livré, représenté par les fromages en cave, et l'on ne délivre aux fournisseurs douteux des marchandises qu'en proportion du lait déjà livré; aux autres on fait du crédit personnel.

Pour des cas urgents le trésorier peut cependant délivrer quelques avances en argent, dans l'intervalle de deux règlements.

Ce système de crédit en nature, introduit par le directeur actuel, a été adopté par plusieurs fruitiers de la région avec succès.

Une caisse contre la mortalité du bétail doit être établie prochainement au sein de la fruitière.

Les résultats sont très encourageants; les ventes en dix-huit mois ont suivi la progression suivante : 60, 62, 70, 77, 78, 83, 85.

La première médaille d'or a été attribuée aux gruyères de l'école, à l'exposition universelle de 1889.

Bien qu'au début l'école ait eu en vue l'industrie régionale du gruyère, elle a élargi peu à peu ce cadre trop limité, et elle tend à appliquer dans le domaine pratique tous les modes d'utilisation du lait, de façon à être réellement l'école nationale de laiterie.

En résumé, l'école de Mamirolle a plusieurs buts : donner l'enseignement théorique et pratique à des jeunes gens qui se destinent à l'industrie laitière, montrer aux intéressés un agencement rationnel pourvu d'un outillage perfectionné, inspecter les fromageries et les laiteries de la région qui veulent améliorer leurs installations et leur outillage; déjà depuis deux ans un grand nombre de fruitières se sont complètement transformées.

Donner des renseignements par écrit : ce service de correspondances a pris un grand développement :

Examiner les causes de non réussite de la fabrication sur place dans les villages;

Faire le contrôle des laits, soit sous le rapport des falsifications, soit sous celui des altérations; le professeur de chimie est chargé de ce travail;

Examiner, au point de vue pratique, la valeur des méthodes et des appareils;

Enfin dans le laboratoire des recherches, étudier scientifiquement ce qui a rapport à la production et à la transformation du lait.

Comme réforme déjà expérimentée et vulgarisée il faut citer le chauffage rationnel des caves, si utile dans l'industrie du gruyère.

Plusieurs fromageries ont adopté ce système de chauffage depuis qu'il a été expérimenté à l'école.

Le turbinage du petit lait a été essayé avec succès.

Il est à remarquer que l'on fabrique dans cette école d'excellents gruyères avec du lait provenant de localités éloignées.

Enseignement.

L'École comprend, au point de vue de l'enseignement :

Un directeur, chargé du cours théorique de la fabrication avec notions de microbiologie, de chimie analytique, notes sur les fruitières, technologie.

Un professeur de chimie.

Un professeur de zootechnie.

Un professeur de comptabilité.

Un chef fromager.

Un chef beurrier, contracteur des laits.

Toute la masse de lait est entièrement manipulée par les élèves durant la matinée et la soirée; l'après-midi est consacrée aux études théoriques.

L'analyse du lait, si importante, est l'objet de manipulations journalières.

Une rotation établie permet de faire passer successivement les élèves dans tous les services.

Chaque élève est tenu de noter, suivant un modèle adopté, tous les détails de la fabrication du beurre et du fromage.

Le régime de l'école est l'externat : les élèves trouvent à se loger facilement dans le village et doivent être présents à l'École aux heures indiquées.

Les cours durent une année et commencent le 4 novembre.

Un diplôme est délivré aux élèves qui en sont jugés dignes, à la suite d'un examen passé devant un inspecteur de l'agriculture.

Outre les élèves réguliers, l'École peut recevoir des

élèves qui doivent séjourner un temps quelconque dans l'établissement et s'adonner à telle ou telle étude spéciale.

En 1888-89, date de la fondation, l'École a reçu six élèves réguliers et treize élèves libres.

En 1889-90, 22 candidats s'étaient présentés, 16 ont été admis pour l'année.

D'autre part, onze auditeurs libres ont séjourné à l'École, venant de la Bretagne, du Cantal, etc.

Écoles de Pétré et de Kerliver. — Il existe enfin en France trois autres écoles qui ne sont pas si exclusivement consacrées à l'enseignement de la laiterie; toutes trois sont de fondation récente.

L'école de Pétré est située dans la Vendée près de Luçon, elle est annexée à une école pratique d'agriculture, elle comprend une petite beurrerie dont nous avons donné le plan et une fromagerie.

L'enseignement agricole est destiné à fournir l'instruction première à de jeunes garçons qui souvent, par la suite, vont compléter leurs études dans les grandes écoles du gouvernement.

L'école de Kerliver est réservée pour l'enseignement des jeunes filles. Nouvellement érigée en pleine basse Bretagne, non loin de Châteaulin, dans un excellent pays laitier, elle comprend une beurrerie et une fromagerie. Elle est sans doute appelée à rendre de grands services dans une contrée où l'instruction est trop peu répandue jusqu'à ce jour.

Enfin dans le département de la Manche se trouve l'école de Coigny, dans laquelle on enseigne plus spécialement la fabrication du beurre. Les élèves sont des jeunes gens.

En résumé, on voit que dans notre pays l'enseignement de la laiterie est aujourd'hui assez largement dis-

tribué, Saulxures et Mamirolle formant plus spécialement des fromagers; à Coigny, Pétré, on apprend la fabrication du beurre et du fromage, et enfin, Coëtlogon et Kerliver sont plus spécialement affectées à l'enseignement des jeunes filles.

L'administration de l'Agriculture a choisi pour la direction de ces écoles un personnel d'élite, dévoué à la science, des organisateurs habiles et en même temps de bons praticiens et c'est grâce aux travaux et au dévouement de Mesdames Bodin et Couturier, de Messieurs Martin, Brunel, Vauchez et de Vevey que la prospérité de nos établissements d'enseignement de la laiterie s'est affirmée si vivante et si rapide.

La station laitière de Fribourg. — La Suisse comprend actuellement trois grandes écoles de laiterie : la station laitière de Fribourg, l'école de la Rutti, près de Berne et celle de Sornthal, au canton de St-Gall. Une laiterie modèle, appartenant au canton de Vaud, a été installée dernièrement à Mondon.

La station laitière de Fribourg, dont l'organisation est vraiment remarquable, a été fondée en 1888, en exécution d'un décret du grand Conseil du 5 mai 1887. Cette école est donc un établissement officiel, appartenant à l'État de Fribourg. Le gouvernement fédéral lui alloue un subside de 50 % des dépenses affectées spécialement à l'enseignement.

Le but de cet établissement est l'enseignement et l'étude scientifique et pratique de toutes les questions se rattachant à l'industrie laitière. A cet effet, la station laitière comprend une vaste école de fromagerie, un laboratoire de chimie, un bureau de renseignements; elle organise des conférences et des cours temporaires théoriques et pratiques sur toutes les questions laitières,

elle fait des essais de machines et appareils de laiterie. La collection de ces appareils constitue une exposition permanente à l'école; elle procède chaque année à des inspections de fromagerie et d'alpages; elle se fait représenter aux expositions laitières; elle publie un bulletin de ses opérations et fait chaque année un rapport circonstancié sur ses travaux.

La station laitière est donc, avant tout, un établissement d'enseignement spécial, mais puisque la pratique était jointe à la théorie, il était nécessaire que le côté industriel ne fût pas négligé. L'achat et la transformation de quatre à cinq cent mille litres de lait par an, font de cet établissement une véritable usine.

La station laitière est située sur le plateau de Pérolles, à un kilomètre de la gare de Fribourg; elle comprend deux grands bâtiments d'environ 2000 mètres de superficie, le bâtiment d'administration et d'exploitation d'une part, les écuries et la porcherie d'autre part.

Le bâtiment d'administration se compose du bureau d'affaires et renseignements, les logements du directeur, du personnel enseignant et des élèves, il est attenant au bâtiment d'exploitation, ce dernier n'a qu'un rez-de-chaussée; à l'une des extrémités se trouvent les locaux de fabrication, à l'autre, séparés par un vestibule, le laboratoire de chimie avec la salle des instruments de précision, la salle des cours, la salle à manger des élèves et les cuisines.

Comme on le voit, il y a dans ce bâtiment trois parties bien distinctes attenantes les unes aux autres, quoique séparées; les locaux de l'administration, de l'enseignement et de l'exploitation. Cette disposition permet d'éviter l'encombrement et facilite la surveillance et la bonne administration.

La salle des cours, très vaste et bien éclairée, contient

une collection remarquable d'objets d'enseignement, barattes, malaxeurs, chaudières, presses, pots-à-lait, etc., en modèles réduits; une partie de cette collection a figuré à l'exposition de Paris de 1889. Outre un certain nombre de tableaux d'enseignement, on trouve dans cette salle une collection photographique assez complète des plus beaux types de bétail, des bovidés fribourgeois. Chaque année, aux concours d'automne, on fait photographier les plus beaux représentants de la race bovine fribourgeoise.

C'est au laboratoire que se font chaque jour les essais de lait apporté à l'établissement par chaque fournisseur. Les échantillons sont prélevés tantôt dans un bidon, tantôt dans un autre; on prend quelquefois un échantillon dans tous les bidons; le lait est essayé au lactodensimètre, au crémomètre, au lactobutyromètre, à l'appareil Soxhlet, à l'appareil Victoria, au lactofermentateur et au lactocoagulateur. Les résultats sont inscrits chaque jour dans un grand livre, dressé *ad hoc*.

Le laboratoire sert aussi aux recherches scientifiques et industrielles; on a préparé dans le courant de l'année dernière et de cette année du lait stérilisé et de la poudre de lait qui pourront avoir un certain avenir commercial.

On doit organiser prochainement des recherches bactériologiques.

Les locaux de fabrication comprennent une salle pour la réception du lait, une cuisine à fromage, une chambre à lait, une salle du centrifuge, une salle pour les barattes et malaxeurs, deux caves et un grenier pour les fromages de Gruyère et un local pour les fromages mous.

La réception du lait communique avec la cuisine à fromage, la chambre à lait et la salle des centrifuges. Un appareil à injection d'eau froide permet le lavage

instantané des bidons. Ce local contient encore une étagère pour les vases émaillés et numérotés, destinés à prendre les échantillons de lait, au fur et à mesure de l'arrivée des bidons. Le lait est pesé à deux décilitres près au moyen d'une balance romaine.

La cuisine à fromage comprend trois systèmes de foyers et chaudières pour la fabrication du gruyère et deux systèmes de presses à poids constants et mobiles.

On trouve à la chambre à lait trois types de rafraîchissoirs, l'un pour les bidons de Schwartz, un autre pour les baquets plats, le troisième consiste en un grand bac de tôle étamée plongeant dans un bassin en ciment, l'eau froide circulant entre les deux. Les baquets sont en tôle étamée ou en tôle émaillée.

La salle des centrifuges renferme trois centrifuges différentes : la centrifuge danoise de Burmeister et Wain, la centrifuge suédoise verticale de de Laval et la centrifuge à bras horizontale du même constructeur. Les deux premières sont mues par la force hydraulique qui est transmise à l'établissement au moyen de cables télédynamiques, qui prennent leur mouvement de puissantes turbines appartenant à l'État. Cette même force actionne dans un local spécial, contigu au précédent, deux barattes et un malaxeur, l'une des barattes est du système vertical danois, l'autre du système horizontal Pfister Huber.

Dans cette pièce on a ménagé une glacière, et le grenier chaud pour les fromages de Gruyère est placé aussi au rez-de-chaussée, ainsi que la cave pour les fromages mous. Les deux caves fraîches pour le gruyère sont au sous-sol. Les unes et les autres sont chauffées au thermosiphon, c'est-à-dire par circulation d'eau chaude.

Le second corps de bâtiment comprend la porcherie et les écuries; éloignées d'environ 150 mètres, les deux

bâtiments sont reliés par une voie ferrée système Decauville.

La porcherie est divisée en deux parties, l'une à grands compartiments pour les porcs d'engraissement, l'autre à petites stalles pour les porcs d'élevage. On cherche à modifier la race actuelle de porcs du pays. Les porcs fribourgeois sont hauts de jambes, ont le museau très allongé, ils fournissent une excellente viande mais sont peu susceptibles de s'engraisser, ou tout au moins leur engraissement est lent; ce sont d'excellents porcs de ménage, mais dans un établissement industriel le rendement n'est pas suffisant; on cherche dans l'établissement de Pérolles à introduire dans le porc le sang Yorkshire et Poland China. Peut-être même sera-t-on conduit à adopter exclusivement le croisement Yorkshire et Poland China.

La station laitière ne possède pas de bétail; les écuries ont cependant été aménagées en prévision de l'éventualité de l'établissement d'une étable, car elle est située sur un charmant domaine de 30 hectares environ appartenant à l'État et qui pourra lui être affecté.

Le personnel de la station laitière se compose d'un directeur, d'un comptable, d'un chimiste, de deux maîtres fromagers, l'un pour la fabrication du gruyère, l'autre pour celle du beurre et du fromage mou, d'un porcher et de quelques personnes de service.

Les élèves sont au nombre de douze.

Pour les travaux pratiques ils se partagent en groupes, qui changent tous les quinze jours, groupes de la fabrication du fromage de Gruyère, de la fabrication du beurre et des fromages mous, du laboratoire et de la porcherie. Chacun fait partie de ces groupes à tour de rôle, se familiarisant avec chaque manipulation.

Les cours de l'enseignement théorique durent de une

à deux heures par jour. Le stage à l'école est d'une année.

Les produits que l'on fabrique à la station laitière sont : les fromages de Gruyère gras, mi-gras et maigres; le beurre, le vacherin, le brie, le camembert et le fromage mou qui est une spécialité de l'établissement.

L'activité de la station laitière s'étend en outre à des inspections de fromageries qui ont lieu chaque semaine dans le canton de Fribourg et à de nombreuses et utiles publications.

Nous faisons des vœux pour le succès croissant de toutes ces utiles écoles.

L'industrie laitière, comme le montrent les deux tableaux qui termineront ce livre, représente un commerce annuel qui se chiffre par une centaine de millions; si nous ajoutons ce qui résulte de l'exposé que nous venons d'en faire, qu'elle est en général facile et d'un établissement peu coûteux, que sans nécessiter de grands capitaux, elle donne un prompt retour de l'argent dépensé, une réalisation rapide des fonds, on comprendra que cette industrie des produits du lait mérite à tous égards d'être répandue et encouragée et qu'elle contribue pour une large part à la richesse et à la prospérité des populations agricoles de la France.

Tableaux du commerce de la France
Produits de l'industrie laitière d'après la statistique de la commission des Douanes.

IMPORTATIONS.

MARCHANDISES et PROVENANCES.		UNITÉS.	Commerce général. — Quantités arrivées. 1890	1889	1888	Commerce spécial. Quantités livrées à la consommation. 1890	1889	1888	Commerce spécial. Valeurs actuelles. 1890	1889	1888
		kil.							Francs.	Francs.	Francs.
Lait....	Naturel...........	id.	5.752.454	2.709.432	2.196.741	5.752.454	2.709.432	2.196.713	1.150.491	541.886	439.343
Lait....	Concentré pur.....	id.	2.058.627	1.489.984	817.697	20.893	9.278	10.187	29.250	12.989	14.262
Fromages.	Blancs, de pâte molle.	id.	905.828	1.040.905	1.352.058	901.576	929.453	1.329.307	1.307.285	1.347.707	1.861.030
Fromages. Autres.	Pays-Bas...	id.	4.936.501	4.889.393	4.685.147	4.334.055	4.192.998	4.151.793			
Fromages. Autres.	Italie.......	id.	2.304.182	2.023.346	1.798.829	639.904	593.318	650.182			
Fromages. Autres.	Suisse......	id.	9.228.962	12.592.232	13.052.639	6.206.894	6.888.155	7.139.728			
Fromages. Autres.	Autres pays.	id.	1.058.725	1.622.461	1.589.372	946.790	1.508.131	1.375.468			
	Totaux.......		17.528.370	21.127.432	21.125.987	12.127.643	13.182.602	13.217.171	18.191.465	19.773.903	18.503.900
Beurre. Frais ou fondu.	Belgique...	id.	3.262.126	3.379.246	3.460.328	2.262.126	3.379.733	3.460.239			
Beurre. Frais ou fondu.	Italie.......	id.	1.073.127	1.060.555	1.204.516	1.010.990	1.024.654	1.175.221			
Beurre. Frais ou fondu.	Autres pays.	id.	353.836	547.718	796.110	351.600	544.912	785.063			
	Totaux......		4.689.089	4.987.519	5.460.954	4.624.716	4.949.299	5.420.523	10.636.847	11.383.388	12.467.203
Beurre.	Salé..............	id.	2.262.776	1.938.871	839.117	1.800.352	1.138.066	374.525	3.690.722	2.333.035	749.050

Années 1890, 1880 et 1888.

Tableaux du commerce de la France
Produits de l'industrie laitière d'après la statistique de la commission des Douanes.

EXPORTATIONS.

MARCHANDISES et DESTINATIONS.	UNITÉS.	ANNÉES 1890, 1889 ET 1888. — COMMERCE GÉNÉRAL. — MARCHANDISES françaises et étrangères exportées. 1890	1889	1888	COMMERCE SPÉCIAL. — MARCHANDISES françaises ou francisées exportées. 1890	1889	1888	COMMERCE SPÉCIAL. — VALEURS ACTUELLES. 1890	1889	1888
	kil.									
Lait concentré pur	id.	2.054.019	1.489.731	826.555	15.941	8.564	18.116	23.114	12.418	26.268
Fromages. Blancs de pâte molle	id.	1.526.361	1.356.408	1.295.983	1.522.115	1.242.302	1.273.213	2.283.173	1.863.453	1.846.159
Fromages. Autres. Italie	id.	1 026.083	1.729.742	1.553.485	271.747	414.382	372.689			
Fromages. Autres. Suisse	id.	244.295	225.961	214.112	241.082	221.126	206.679			
Fromages. Autres. Algérie	id.	1.863.615	2.130.563	2.140.439	1.666.953	1.782.584	1.786.459			
Fromages. Autres. Autres pays	id.	6.251.025	8.166.622	7.964.337	1.792.202	1.859.800	1.514.276			
Totaux		9.385.018	12.252.888	11.872.373	3.971.984	4.277.982	3.880.103	6.156.575	6.630.872	5.432.141
Beurre. Frais ou fondu. Angleterre	id.	256.785	965.198	1.065.255	930.671	941.014	1.042.686			
Beurre. Frais ou fondu. Belgique	id.	3.395.266	3.299.698	3.038.623	3.387.719	3.292.171	3.033.657			
Beurre. Frais ou fondu. Suisse	id.	284.719	286.193	294.405	279.517	286.193	284.315			
Beurre. Frais ou fondu. Algérie	id.	504.867	460.372	425.283	504.151	460.272	417.891			
Beurre. Frais ou fondu. Autres pays	id.	285.672	245.527	233.488	260.906	238.493	236.916			
Totaux		5.427.309	5.256.988	5.057.054	5.362.964	5.218.143	5.015.465	15.284.447	14.871.708	14.294.075
Beurre. Salé. Angleterre	id.	27.834.955	28.027.597	21.997.305	27.644.104	27.765.746	21.791.229			
Beurre. Salé. Brésil	id.	4.371.669	2.895.694	3.261.881	4.370.642	2.883.695	3.255.770			
Beurre. Salé. Autres pays	id.	2.590.551	2.516.206	1.514.421	2.359.029	1.991.405	1.362.788			
Totaux		34.797.175	33.439.497	26.773.607	34.373.775	32.640.846	26.309.787	92.809.193	88.130.284	69.720.936
Margarine Mouriès	id.	6.845.217	8.135.666	7.171.595	6.841.364	8 135.279	7.171.595	6.157.228	7.321.751	7.530.175

TABLE DES FIGURES

TABLE DES MATIÈRES

PREMIÈRE PARTIE.

LE LAIT.

CHAPITRE PREMIER.

CARACTÈRES ET PROPRIÉTÉS DU LAIT NORMAL.

CHAPITRE II.

EXAMEN ET ANALYSE DU LAIT NORMAL.

CHAPITRE III.

ALTÉRATIONS ET FALSIFICATIONS DU LAIT.

CHAPITRE IV.

COMMERCE DU LAIT EN NATURE, PASTEURISATION, TRANSPORT, VENTE, INSTALLATION D'UNE LAITERIE. — CONSERVATION DU LAIT.

CHAPITRE V.

UTILISATIONS DIVERSES DU LAIT. KÉFIR. KOUMISS. — SUCRE DE LAIT. LAIT CONDENSÉ.

DEUXIÈME PARTIE.

LE BEURRE.

CHAPITRE PREMIER.

PRÉPARATION AU MOYEN DU LAIT OU DE LA CRÈME. — MÉCANISME DE L'ÉCRÉMAGE. — ÉCRÉMAGE SPONTANÉ.

CHAPITRE II.

ÉCRÉMAGE CENTRIFUGE.

CHAPITRE III.

TRAITEMENT DE LA CRÈME, BARATTAGE, DÉLAITAGE, MALAXAGE, PROPRIÉTÉS ET ANALYSES DU BEURRE.

CHAPITRE IV.

CHAPITRE V.

INSTALLATION D'UNE BEURRERIE. — COMMERCE DU BEURRE.

CHAPITRE VI.

DE LA MARGARINE ET DE SA FABRICATION. — MÉLANGES AVEC LE BEURRE. — FRAUDES COMMISES. — MOYENS DE LES DÉCOUVRIR. — LOIS RÉPRESSIVES.

TROISIÈME PARTIE.

LES FROMAGES.

CHAPITRE PREMIER.

GÉNÉRALITÉS. — ACTION DE LA PRÉSURE SUR LE LAIT. — ÉTUDE DU CAILLÉ.

CHAPITRE II.

APPAREILS EMPLOYÉS DANS LA FABRICATION DES FROMAGES. — APPAREILS DE CHAUFFAGE. — MOULINS A CAILLÉ ET PRESSES.

CHAPITRE III.

FABRICATIONS SPÉCIALES. — FROMAGES MOUS NON FERMENTÉS.

CHAPITRE IV.

FROMAGES MOUS AFFINÉS. — DIAGRAMME ET INSTALLATION D'UNE FROMAGERIE.

CHAPITRE V.

FROMAGES DURS. — FROMAGES CUITS.

CHAPITRE VI.

ROQUEFORT ET FROMAGES SIMILAIRES.

CHAPITRE VII.

MÉTHODE D'ANALYSE. — ENSEIGNEMENT DE LA LAITERIE.

FIN DE LA TABLE DES MATIÈRES.

